
$B 37 939


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



ORGANISATION PHYSIOLOGIQUE

DU

TRAVAIL

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Le Moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel. — Préface de Henry Le Chatelier. In-8° de xvi-622 pages et 309 figures (Honoré d'une souscription du Ministère du Travail et du Ministère du Commerce, 1914 .... 12 fr. 50

Le Rendement de la machine humaine. — Thèse Doctorat, Paris, 1909. Grand in-8° de 88 pages et plusieurs figures (Honoré d'une souscription du Ministère du Travail .... Épuisé

Le Système musculaire. — Grand in-8° de 850 pages et 400 figures. En préparation.

La Prothèse et le Travail des mutilés. — Conférence précédée d'une allocution de M. Paul Painlevé, Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Inventions intéressant la défense nationale, membre de l'Institut. Brochure in-8° de 30 pages et 4 figures; 1916..... 1 fr.

ORGANISATION PHYSIOLOGIQUE

DU

TRAVAIL

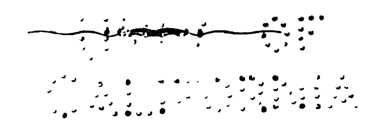
PAR

Jules AMAR

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DES RECHERCHES SUR LE TRAVAIL PROFESSIONNEL
AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
DOCTEUR ÈS SCIENCES

PRÉFACE DE **Henry LE CHATELIER**

MEMBRE DE L'INSTITUT
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
PROFESSEUR A LA SORBONNE ET A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES



PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 et 49, Quai des Grands-Augustins

—

1917

PRÉFACE

Dans ses *Principes d'organisation scientifique* du travail (page 67), F. Taylor se plaint que les expériences des physiologistes et des ingénieurs n'aient apporté jusqu'ici aucune indication sur l'endurance de l'être humain. « Les résultats de ces recherches, dit-il, étaient si minimes qu'il était impossible d'en tirer une loi de quelque valeur. » Le nouveau volume de M. J. Amar a précisément pour but de combler cette lacune, et de montrer comment les méthodes expérimentales des physiologistes permettront d'aborder à l'avenir le problème de la fatigue et de l'activité humaines. Ce problème est d'une importance capitale au point de vue de l'organisation du travail dans les usines.

Avant de dire tout le bien que je pense de cette étude, je veux faire quelques remarques sur les critiques adressées par l'auteur à l'œuvre de Taylor. Il insiste, plus que de raison peut-être, sur l'*insuffisance* de ses méthodes pour apprécier la fatigue des ouvriers. Le reproche doit, en toute justice, être adressé aux physiologistes. Ce n'est pas le rôle d'un ingénieur d'inventer ces nouvelles méthodes de mesures; il n'a qu'à employer celles qui existent. F. Taylor s'est ainsi servi de l'analyse chimique, de la mesure des températures, de celle des efforts exercés sur les outils. Il aurait également

employé les procédés d'évaluation de la fatigue humaine, si elles avaient existé. Il se plaint avec juste raison de n'avoir rien trouvé dans les travaux de ses devanciers. Espérons que le travail de M. J. Amar contribuera à lever cette difficulté.

Le reproche d'avoir négligé le rôle de la *volonté* dans la production du travail me semble également peu fondé. L'exemple de Rachel, donné à cette occasion est tout à fait typique. La volonté ne peut pas suppléer à la force physique ; elle permet seulement de travailler au delà de ses forces, de se surmener. Cela a bien été le cas de Rachel, morte à 37 ans. Ce n'est pas là un exemple à imiter. L'organisation scientifique du travail, telle que l'envisage F. Taylor vise à obtenir de l'ouvrier la somme de travail qu'il peut fournir normalement, mais ne le pousse pas à dépasser cette limite par un effort de volonté.

Ces réserves faites, je suis heureux de signaler l'utilité et l'intérêt que présente la lecture du livre de M. J. Amar sur l'organisation physiologique du travail. Cet ouvrage ne s'adresse pas seulement aux spécialistes : médecins, physiologistes ou ingénieurs ; tout esprit cultivé s'y instruira avec plaisir sur maints problèmes à l'ordre du jour : mesure et enregistrement de la fatigue des muscles ou du système nerveux ; relations psycho-physiologiques ; alimentation normale ; art du travail économique, physique ou intellectuel ; main-d'œuvre et apprentissage ; rééducation des mutilés, orthopédie, etc.

M. J. Amar décrit en détail les méthodes de mesure employées dans les laboratoires de physiologie pour la mesure du travail. Il est à souhaiter que de nombreuses études soient poursuivies à l'aide de ces méthodes de haute précision qui lui doivent beaucoup. Le problème

à résoudre est en effet très complexe. Il ne suffit pas de constater le degré de fatigue occasionné par un travail donné pour décider si le travail en question excède ou non les capacités de l'ouvrier soumis à l'expérimentation. Tout travail musculaire sérieux entraîne nécessairement une certaine fatigue, mais elle n'aura aucun inconvénient si les temps de repos intercalés dans le travail permettent à la machine humaine de se reconstituer sans altération permanente. Une machine à vapeur ne peut fonctionner sans consommer du charbon; point d'inconvénient, si on l'alimente suffisamment pour ne pas la laisser s'arrêter. De même pour l'homme, la consommation d'énergie n'a pas de conséquences, pourvu que l'alimentation et le sommeil suffisent à réparer les pertes. Cette fatigue, bien loin d'être nuisible, est très favorable à la santé. Un paysan, qui fait souvent des journées de seize heures, atteint facilement quatre-vingts ans, tandis qu'un petit boutiquier des grandes villes, qui ne fournit pas toujours une heure de travail par jour, atteint difficilement la soixantaine. C'est là ce qui rend si difficile l'étude du *surmenage*. L'homme qui ne se fatigue jamais ne vit pas longtemps. Celui qui se fatigue jouit au contraire souvent d'une verte vieillesse. Le grand industriel Solvay en donne un exemple remarquable. Sur les soixante ans, il a commencé à faire de l'alpinisme, réglant sa vitesse d'ascension de façon à maintenir son pouls au rythme de 120 pulsations à la minute. C'est certainement là une grande fatigue, et Solvay porte allègrement aujourd'hui ses soixante-seize ans, se surmenant encore par un travail intellectuel tellement intensif qu'il en perd souvent le sommeil. Tous les hommes, il est vrai, ne résisteraient pas à un semblable régime; il n'en résulte pas moins

que la question du surmenage nuisible est un problème extrêmement complexe, qui demandera encore de nombreuses études avant d'être complètement résolu.

L'emploi des méthodes de mesure recommandées par M. J. Amar aura un effet certainement immédiat dans les études relatives à la rééducation des blessés et mutilés. Les nombreux exemples qu'il en donne montrent comment on arrive, par un apprentissage méthodique, à diminuer rapidement les efforts nécessaires au début pour exécuter un travail auquel on n'est pas entraîné.

L'évaluation systématique de ces efforts permettra d'abréger beaucoup le temps de rééducation, et contribuera, dans une large mesure, à atténuer les maux causés par la guerre.

Cette application particulière du système Taylor aura donc un autre effet très heureux, celui de fournir du travail aux estropiés de la guerre. Un des points les plus essentiels de ce système est de remplacer dans les usines un grand nombre d'ouvriers manuels par des employés chargés d'étudier les meilleures méthodes de travail, puis de les enseigner aux ouvriers, et enfin d'établir les tâches journalières. Ces fonctions peuvent, pour la plupart, être très utilement confiées à des blessés. L'expérience personnelle du travail est indispensable pour bien remplir ces fonctions, mais elles ne nécessitent pas l'exécution personnelle des mêmes travaux. D'anciens ouvriers pourront ainsi utiliser l'expérience qu'ils ont acquise, quand ils jouissaient encore du libre usage de tous leurs membres. Cette utilisation des ouvriers mutilés a été essayée, avec beaucoup de succès, par M. de Fréminville, aux chantiers de Penhoete à Saint-Nazaire. C'est là une tentative qui mérite d'être développée. Il faut certainement, pour ces fonctions de

moniteurs, outre la connaissance manuelle du métier, une dose suffisante d'intelligence. Mais, de même que les aveugles voient leur sensibilité acoustique se développer par la concentration de leur attention sur les sens restés intacts, on peut escompter aussi un développement des facultés intellectuelles chez des hommes privés d'une partie de leur activité physique. Par la force même des choses, ils dirigeront leurs efforts dans des directions nouvelles. De toute façon, les hommes les plus intelligents pourront ainsi trouver une application immédiate de leurs facultés.

Le livre de M. J. Amar soulève une infinité de problèmes très intéressants pour l'avenir de la France; espérons que de nombreux lecteurs sauront en comprendre la haute importance.

Henry Le Chatelier.

1er décembre 1916.

AVANT-PROPOS

Aider à organiser le travail d'après des lois ration nelles, assigner à chacun sa fonction véritable dans la machine sociale, faire collaborer à l'œuvre économique de demain l'homme valide et le mutilé, formuler en peu de mots la doctrine de l'utilisation maximum des forces physiques et psychiques, sans négliger le facteur moral, telles sont les raisons qui m'ont fait écrire ce volume. Il s'adresse résolument au grand public et aborde, dans un sens pédagogique, le domaine des applications usuelles. Qu'il s'agisse d'éducation physique et d'hygiène, d'organisation de l'apprentissage et de la main-d'œuvre, ou encore de cette rééducation professionnelle dont il a fallu, en des temps douloureux, tracer le programme, et coordonner les efforts réalisateurs, chacun de nous a le devoir d'y participer activement. J'ai dit, en peu de mots, comment et pourquoi.

Et j'ai fait toujours apparaître l'intime union de la science avec la richesse économique, de la méthode et de la technique avec la fortune nationale.

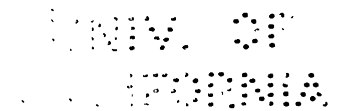
Dans ce même esprit ont été développées les questions de *Prothèse*, car la France pourrait se placer à la tête de l'industrie orthopédique du monde entier, comme de beaucoup d'autres industries. La condition est qu'elle

brise avec la routine, cet agent d'énervement de l'esprit inventif de notre race.

Ma doctrine propre m'a conduit, naturellement, à exposer et discuter l'admirable système de Taylor. J'en ai fait valoir les mérites essentiels, en le rectifiant là où il paraît méconnaître les lois profondes de la fatigue et de la conservation des forces humaines. Toute notre activité, en effet, doit être conditionnée *physiologiquement*, sous peine de graves mécomptes. Et elle l'est en fait, de par les lois de la nature. Mais on s'obstine à le nier et à se réfugier dans l'abstraction.

Il fallait donc, sur ces problèmes fondamentaux, démonstrations et témoignages en main, éclairer le lecteur. Grâce à une abondante illustration, originale et très nette, l'intelligence du texte est grandement facilitée. Je remercie mes éditeurs d'y avoir donné tous leurs soins. C'est pour le lecteur, assurément, autant que pour me témoigner une bienveillance déjà éprouvée, que M. Le Chatelier, dont le nom définit une action sociale méthodique, a écrit la Préface de ce volume

De part et d'autre, les documents sont interprétés avec sûreté et sincérité. Un livre qui prétend enseigner doit être comme un acte de conscience. Je souhaite que celui-ci le soit.



ORGANISATION PHYSIOLOGIQUE DU TRAVAIL

CHAPITRE I

LE TRAVAIL HUMAIN. — HISTOIRE ET DOCTRINES

1. — Le 25 janvier 1829, en ouvrant le *Cours de Géométrie et de Mécanique appliquée*, qu'il professait au Conservatoire des Arts et Métiers, le baron Charles Dupin s'exprima en ces termes :

« On s'est beaucoup occupé de perfectionner les machines, les instruments, les outils matériels dont l'ouvrier fait usage dans les arts méchaniques. On s'est à peine occupé de perfectionner l'ouvrier même. Et pourtant, ne fût-il considéré que comme un instrument, un outil, un moteur, il devrait être mis au premier rang entre tous les instruments, entre tous les agents méchaniques, parce qu'il a l'avantage inappréciable d'être un instrument qui s'observe et se corrige lui-même, un moteur qui s'arrête, qui se meut au gré de sa propre intelligence, et qui se perfectionne par la pensée, non moins que par le travail (1). »

Dupin venait, en effet, de concert avec Poncelet (2), d'entreprendre une admirable campagne en faveur de la diffusion des idées de *méthode*, et de l'enseignement du travail

(1) Charles Dupin (1784-1873), géomètre et économiste français d'une grande originalité.

(2) Jean-Victor Poncelet, mécanicien et général français, né à Metz en 1788, mort en 1867.

professionnel dans les centres ouvriers. Il voulait aussi que la notion de *fatigue* fût approfondie, et préservât le travailleur du *surmenage*. — Mais ce mouvement échoua, d'abord à raison même de l'esprit chimérique et trop généreux que l'on reprochait à Dupin, ensuite parce qu'on était aux environs de 1830. Sollicité d'accorder son patronage, Charles X ne répondit pas. Il avait mieux à faire : s'en aller. Et enfin, la science elle-même, celle des *transformations de l'énergie*, n'était pas encore née; la plupart, sinon tous les savants, admettaient la doctrine des *forces vitales*, réputées immatérielles, par conséquent soustraites à nos procédés de mesure.

Quant aux ouvriers, ils n'avaient guère conscience de leurs droits, ni de leurs devoirs; fort peu instruits, ils balayaient nos usines où travaillaient surtout des Anglais. Et l'un de nos ministres, qui visitait un de ces établissements, ne fit que s'en étonner. Le contraste évidemment avait de quoi le choquer.

Malgré cette indifférence officielle, Dupin et Poncelet réussirent à créer un modeste enseignement, bien vite populaire, à Paris, à Metz, à Rochefort. Le malheur est que, faute de ressources, d'expériences, la *science du travail humain* demeurait en retard; les physiologistes et les économistes semblaient même en désespérer.

Il a fallu notre époque, surtout depuis 1890, pour la conduire, par des étapes victorieuses, vers les sommets d'où elle jette maintenant de si belles clartés. Elle doit ce succès à deux méthodes différentes : la *méthode des physiciens* et la *méthode des physiologistes*. Examinons-les séparément [1].

II. — A. Recherches des physiciens. — Préposés de tous temps aux arts et aux métiers, disposant presque seuls de la main-d'œuvre, les mécaniciens et les ingénieurs entre-

[1] Consulter, dans la *Technique moderne* du 1er mai 1914, un intéressant historique dû à Henri Verne.

prirent les premières recherches sur le travail de l'homme. Mais les plus habiles se bornaient à déterminer le plus grand effort ou la plus vive allure, rarement l'*action continue* et de longue haleine. A ces expériences, très incomplètes, assistaient cependant des princes de la Cour, spécialement sous le règne du Grand Roi. De La Hire (1640-1718) et Amontons (1663-1703) tentaient les démonstrations; les Bernoulli, et plus tard Euler, s'efforçaient à trouver la formule mathématique du *travail maximum* [1].

En 1722, le chevalier lorrain De Camus fit preuve d'un réel esprit pratique, en écrivant le *Traité des forces mouvantes*, simplement, clairement, « pour l'usage des ouvriers ». Il définit le *centre de gravité* et en montre l'importance dans tous nos mouvements, dans nos attitudes, dans la fatigue. « Quand deux hommes portent un fardeau, explique-t-il, le grand est moins chargé que le petit, et plus le grand lève haut le fardeau, moins il est chargé et plus il charge le petit » (p. 34). Et ainsi de diverses circonstances du travail professionnel.

Pour ménager les forces humaines et instruire les travailleurs, il n'était pas de livre plus estimable que celui de l'excellent gentilhomme.

Vauban [2] donna un enseignement plus vécu et d'une portée plus haute dans un opuscule intitulé : *Le Directeur général des fortifications*, apparemment de l'année 1680. Il concerne les travaux de *terrassements*. J'en tire cette observation : « Je m'assure, dit Vauban, qu'il n'y a personne, qui ait fait un peu travailler, qui ne demeure d'accord que quatre hommes *bien surveillés* font plus d'ouvrage que six autres qu'on abandonnerait à leur propre conduite... » — Et en 1729, Bélidor, également ingénieur militaire, ajoute : « La surveillance coûte moins que la diminution du travail à

(1) Jules AMAR, *Le Moteur humain*, p. 235.

(2) Sébastien Le Prestre de Vauban (1633-1707), maréchal de France et ingénieur éminent; disgracié à cause de son livre : *La Dime royale*, où il plaidait en faveur de l'égalité des impôts.

laquelle son absence donnerait lieu ». Ailleurs : « Il est certain, dit-il, que dix heures de travail d'un homme qui a pour chassavant son intérêt en valent du moins quinze d'un autre qui a sa journée réglée (1). Les pousser plus loin, c'est les outrer et les exposer à devenir malades, et ne pouvoir pas tenir longtemps. » Premiers balbutiements du *Contrat social*, lorsque Bélidor réclame en faveur d'une condition de vie plus facile pour les ouvriers, vu « la cherté des vivres », — ou échos généreux de la grande voix qui s'était tue après la *Dîme royale*. Ce courage scientifique sonnait le réveil des consciences.

III. — **Coulomb.** — Il faut arriver à Coulomb (2), pour trouver sur la fatigue, l'évaluation et la comparaison des divers travaux de l'homme, un tableau vraiment intéressant. Ce physicien, le plus grand du XVIIIe siècle, avait été envoyé à la Martinique comme officier du Génie. Là, il entreprit les déterminations en question, en occupant des personnes payées à la tâche. Par des mesures habiles sur le transport des fardeaux, les manœuvres de treuils, manivelles, sonnettes, les opérations du labourage, il réunit la matière d'un beau *Mémoire sur la force des hommes*. Écrit en 1785, ce mémoire ne vit le jour qu'en 1798, lorsque M. de Coulomb eut fait place « au citoyen Coulomb, de l'Institut ».

Extrayons-en quelques considérations d'un caractère général : « Il paraît, écrit Coulomb, que la manière de couper *en de petits intervalles* d'action et de repos le travail des hommes qui portent de grands fardeaux est celle qui convient le mieux à l'économie animale, et que les hommes préfèrent de marcher avec vitesse pendant quelques instants et se reposer complètement pendant quelques autres instants, à parcourir une même course dans un temps égal à ces deux intervalles, avec une vitesse plus lente mais continue... » — Et la quantité de travail ainsi effectué « varie suivant l'habi-

(1) Proportion de 2 à 3 déjà indiquée par Vauban.
(2) Charles-Auguste de Coulomb (1736-1806), né à Angoulême.

leté, le choix des hommes, *la nourriture...*, *le climat* ». Ces deux derniers facteurs du rendement humain, alimentation et climat, sont ici formulés pour la première fois. Facteurs *physiologiques* essentiels, que Coulomb complète par une indication d'ordre *psychologique* sur la méthode de recherches. « Il faut, dit-il, suivre un bon ouvrier payé à la pièce ; mais en même temps, pour ne pas influer sur son travail momentané, il ne faut pas qu'il sache qu'il est observé. »

Jusqu'à la fin du XIX[e] siècle, il n'y eut pas d'étude plus importante que celle de ce savant ; on a traduit, sous des formes différentes, ses idées, on a puisé dans ses observations, on en a surtout exagéré la valeur ; car, pour la plupart d'entre elles, il avait suffi d'une seule détermination directe, et pour quelques-unes, Coulomb emprunta à ses devanciers d'une main malheureuse.

Mais la méthode des mécaniciens s'est illustrée, en ces derniers temps, par les brillantes recherches, théoriques et pratiques, d'un ingénieur américain *Frédéric Taylor.*

IV. — **Le système Taylor.** — Les principes de Taylor sur l'organisation du travail sont assurément les plus pénétrants qui soient dans l'ordre industriel. Ils enseignent à l'esprit la force souveraine des vérités mathématiques, celle de l'*ordre* et de la *méthode* dont ils sont la pure expression (1).

Frédéric Winslow Taylor (*fig.* 1) est né en 1856, à Germann Town Pa., dans l'Amérique du Nord ; il est mort à Philadelphie, le 21 mars 1915. De simple homme d'équipe, il s'éleva graduellement à la dignité d'ingénieur, puis de directeur d'usines. Son labeur opiniâtre, sa haute intelligence technique et pratique, le firent bien vite apprécier ; ses initiatives dans le domaine économique l'ont rendu célèbre dans le monde entier, et légitimement enrichi. Le

(1) Consulter : *Le Moteur humain*, p. 345, 496 et suivantes ; et H. Le Chatelier, *Revue de Métallurgie*, p. 185 ; avril 1915.

premier, il réussit à *organiser d'une façon rationnelle et scientifique le travail humain.*

Deux entreprises furent conduites par lui, simultanément, pour atteindre ce but :



Fig. 1. — F.-W. Taylor (1856-1915).

1° *Organisation de l'outillage.* — Il s'agissait d'abord de constituer un outillage très perfectionné, réalisant la *forme*, les *dimensions*, le *poids*, la *qualité* susceptibles de conduire à un travail rapide. Des études scientifiques étaient nécessaires sur ce point spécial ; ce sont elles qui, presque toujours, rebutent l'industriel, parce qu'elles lui coûtent et qu'il n'en voit pas *immédiatement* l'utilité.

Taylor parvint à triompher de ces résistances, et à consacrer plus d'un million de francs aux recherches de laboratoire, durant près de vingt-cinq ans, de 1880 à 1903 : argent et temps qui, assurément, ne pouvaient être mieux employés.

2° *Organisation de la main-d'œuvre.* — Il fallait ensuite former un personnel approprié à cette technique, à ces conditions de *vitesse*, et tel, par conséquent, que chacun fût réellement à sa vraie place, soit pour commander, soit pour obéir ; et il fallait l'instruire. Ce fut la tâche la plus malaisée. La ténacité de Taylor en vint à bout. — Quant aux indications relatives à la préparation et à l'exécution de l'ouvrage, elles étaient données par écrit, sur des *cartes d'instruction*, et on apprenait aux ouvriers à les interpréter sans hésitation.

On leur montrait surtout quels mouvements exige la manœuvre d'un outil donné, ou telle opération de chantier, et quels mouvements doivent être épargnés, que l'on fait ordinairement sans réfléchir et par conséquent sans profit. *Les mouvements utiles devaient être produits dans un temps minimum, les autres évités.*

C'est pour satisfaire à cette *loi d'économie* que Taylor dut *chronométrer* les différents actes et gestes de l'ouvrier, ne retenant que ceux dont l'efficacité n'était pas douteuse. Et comme tous les sujets que l'industrie embauchait ne pouvaient pas se plier à ce mode d'activité, il ne gardait que les plus capables. Ainsi, *chronométrage et sélection sont les deux caractéristiques du système Taylor.*

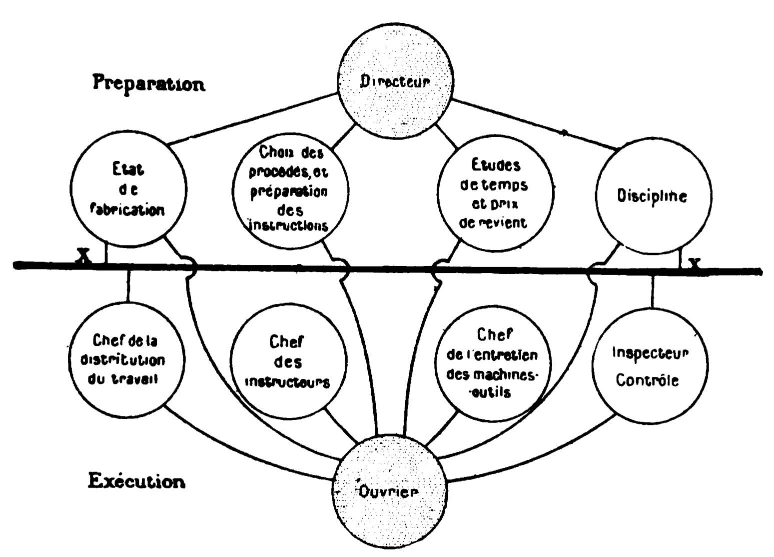


Fig. 2. — Schéma de l'organisation taylorienne.

S'agit-il, par exemple, de manœuvrer un bloc de fonte? — La décomposition des temps de cette opération sera la suivante : enlèvement du bloc du sol, ou du tas ; — marche avec cette charge ; — projection du bloc à terre ou dépôt sur un tas ; — retour à vide. L'analyse était faite, comme le voulait Coulomb (§ 3), d'après l'examen d'un travailleur

habile et bien portant, payé à la tâche, servant de *modèle*, et en quelque sorte d'*étalon*.

Les ouvriers sont alors entraînés par des instructeurs en vue d'atteindre au rendement de leur modèle; et les mouvements à faire, et les dispositions contre les retards, figurent sur les cartes qu'on leur donne. L'*apprentissage* devient rapide et méthodique, et dans tout l'atelier c'est une vie fonctionnelle intense où le temps est véritablement de l'argent. L'enchaînement des services est à peu près symbolisé par la figure 2; il ne laisse place à aucune cause de gaspillage ni de ralentissement. Il reflète l'ordre et la mesure.

V. — **Avantages du système Taylor.** — Dans les usines métallurgiques, spécialement, ces principes donnèrent des résultats surprenants. Un travail aussi simple que le transport de *gueuses de fonte* fut porté à 47 tonnes par homme et par jour, contre 12 à 13 que l'on chargeait d'habitude. C'était *quadrupler* l'effet utile du manœuvre.

Mais le taylorisme a un caractère d'*universalité* qui le fait servir à tous les modes de travail, industriels, agricoles, commerciaux, et sur lequel Henry Le Chatelier a tout particulièrement insisté.

Une anecdote pourrait l'illustrer : Un disciple de Taylor, l'ingénieur Frank Gilbreth, ayant visité l'Exposition anglo-japonaise de Londres, aperçut une jeune fille qui plaçait des prospectus dans des boîtes de cirage, avec une dextérité merveilleuse et instinctive. Il n'eut pas plutôt examiné ce travail qu'il se mit à noter les mouvements et à les chronométrer. Il fallait *40 secondes* pour préparer 24 boîtes. Alors Gilbreth dit à la jeune employée qu'elle ne s'y prenait pas de la meilleure façon pour travailler vite. Très sûre de son habileté, elle se moqua de lui, mais consentit finalement à négliger les gestes qu'il estimait inutiles. Comme d'ailleurs elle travaillait à la tâche, elle fut tentée par l'idée d'un salaire supérieur. En peu de jours, elle réussit à faire les 24 boîtes, non plus en 40 secondes, mais en *26* seule-

ment. Elle avoua en outre que la besogne lui paraissait *moins fatigante*.

Petits faits, mais grands enseignements.

La méthode américaine possède donc une vertu éducative, elle contient des vérités scientifiques incontestables. Elle est, d'un mot, la *méthode*, c'est-à-dire l'ordre et l'harmonie.

Cet ouvrier qui se déplace de droite et de gauche à la recherche de ses outils, va, vient, repart, et tous les jours recommence, tandis que son ouvrage attend; — cet industriel qui se refuse aux transformations en personnel et en matériel que son usine réclame, — et cet homme qui, à son bureau, égare constamment son porte-plume, ou une note, ou une lettre reçue, — ne sont-ils pas des exemples vivants de la routine et du désordre dont Taylor a fait justice?

Désormais se trouvent mis en évidence les effets *anti-économiques* de la maladresse ordinaire des hommes. Petits et grands peuvent, à la lumière de cette doctrine, suivre une discipline scientifique et faire l'*apprentissage véritable, celui de l'ordre*. Les débutants ne peineront pas inutilement; ils deviendront vite adroits et habiles dans leurs métiers. Tout homme travaillant à la tâche, et soucieux d'augmenter son salaire, est ainsi gagné à la méthode. Sans doute la sélection ne s'effectue que par voie d'élimination, et beaucoup d'ouvriers, qui auraient voulu adopter telle profession, s'en verraient évincer par de plus capables. Ils ne seraient pas, cependant, réduits forcément à la misère. Comme le dit Taylor — et c'est plus vrai maintenant : « Il y a, actuellement, une telle demande de main-d'œuvre qu'aucun ouvrier n'est contraint de chômer plus de un ou deux jours; en sorte que les travailleurs les moins bons ne sont pas plus malheureux que jamais. Au lieu d'éprouver de la pitié pour ceux-ci, on devrait, au contraire, se féliciter et se réjouir que beaucoup d'ouvriers de valeur trouvent au moins la chance de gagner de gros salaires, et de marcher vers la prospérité. »

VI. — **Critique du système Taylor.** — L'admirable organisation taylorienne est, toutefois, passible de critiques qui, à travers elle, s'adressent à toutes les conceptions mécaniques sur le travail humain, et dont nous avions ajourné ici le développement.

1° *Le système Taylor manque de souplesse.* — Une adaptation très étroite de l'homme à sa besogne, une différenciation très poussée à la fois et très nette des diverses compétences, se justifient en théorie ; elles sont pratiquement impossibles si l'on songe que, d'une part, un appel plus pressant est fait à la main-d'œuvre, et que celle-ci, d'autre part, tend à se raréfier. On est donc obligé de se montrer, dans une certaine mesure, moins sévère dans la sélection, et de transiger sur la *qualité* — que l'on voudrait supérieure — pour avoir la *quantité*. On n'y est pas seulement obligé ; on doit faire fléchir les principes, sous peine de nier l'adaptation et l'influence de la volonté. Tel ouvrier qui, à une première expérience, ne semble pas devoir être un modèle pour le taylorisme, le deviendra à force d'application. Dans les choses de l'art, on pourrait objecter le cas de la grande « Rachel » dont les tayloriens eussent ruiné la *vocation*. Et justement, voilà le mot : les principes américains décourageraient les vocations, car il y a dans celles-ci un élément non mécanique qui échappe aux calculs et aux prévisions.

En d'autres termes, l'homme civilisé, instruit, même peu, possède des réserves d'énergie morale qui peuvent lui faire surmonter bien des difficultés, et hâter sa formation.

On ne saurait les nier absolument.

Le système Taylor manque donc de souplesse, ou tout au moins il pourrait ne pas s'enfermer dans un cadre trop rigide.

2° *Le système Taylor est incomplet.* — Encore est-il que si, conformément à sa règle, on constituait des sujets modèles, très capables, il resterait un grave problème à résoudre. Car le choix de la main-d'œuvre et des instruments de travail permet seulement d'améliorer la technique et d'aug-

menter la production. Mais on ne voit pas comment l'organisme humain serait préservé du surmenage, et quelles sont, en fait, les conditions physiologiques du meilleur travail. De même que de La Hire, Amontons, Coulomb, — Taylor n'a eu égard qu'à une partie de la machine humaine, celle qui exécute l'ouvrage, à l'*outil*. Il a négligé l'autre partie de l'ensemble dont l'outil reçoit la force motrice et qui, à cause de cela, s'appelle le *moteur*.

Récepteur et moteur ne doivent pas être isolés l'un de l'autre quand il s'agit de la valeur productive de la machine ; ils sont inséparables dans l'homme qui travaille. Chez lui, surtout, le rendement du moteur se modifie considérablement s'il est alimenté de bon combustible et débarrassé à temps des déchets qui l'encrassent, s'il marche à telle vitesse et à telle charge plutôt qu'à telles autres, s'il se trouve dans un milieu extérieur qui, loin de troubler son fonctionnement, tend au contraire à le favoriser.

Le système Taylor réalise à merveille l'entraînement de l'outil humain à travailler rapidement et au mieux; il est vide de renseignements sur le moteur proprement dit.

Le savant américain avoue, par exemple, avoir observé des signes de « très grande fatigue » sur des *trieuses de billes de bicyclettes*. Obligées à un travail de vitesse et à *beaucoup d'attention*, ces ouvrières ne s'adaptèrent à ce métier qu'au nombre de 35 sur 120! Les autres durent y renoncer sous la menace d'un épuisement nerveux.

La part croissante, dans les travaux modernes, de cette attention, de l'adresse et de l'habileté, augmente l'épuisement des centres nerveux, de l'énergie cérébrale, sur laquelle, de même que sur l'énergie musculaire, Taylor ne fournit point d'observations rigoureuses. Mais sa grande expérience des hommes a su éviter bien des dangers. Résultat fort beau assurément, et qui donnerait confiance si tout ingénieur avait un *instinct* aussi sûr. Des appréciations sur le degré de fatigue, faites au coup d'œil, ne peuvent remplacer les mesures et les expériences objectives, ni suppléer à l'en-

semble des conditions physiologiques qui doivent gouverner l'activité humaine. —Et que vaudraient-elles aujourd'hui dans le cas du travail des mutilés? La diminution physiologique des gens très nombreux, de cette catégorie, la nécessité de les utiliser à bon escient, le problème social que soulève leur emploi dans l'industrie, exigent un système de contrôle scientifique plus complet et qui analyse tous les facteurs d'énergie de l'être humain.

Voilà pourquoi, technique précise, éclairée du rayonnement de la recherche mathématique, la doctrine américaine est néanmoins incomplète, parce que, pas plus que les essais des anciens physiciens, elle ne tient compte des données physiologiques, ni ne définit la marche normale du moteur humain.

VII. — B. Recherches des physiologistes. — Avec plus de raison que les mécaniciens, les physiologistes s'attachèrent aux échanges d'énergie dont l'organisme vivant est le théâtre, tant au repos qu'au travail. Il y a, dans toutes les formes de l'activité humaine, une consommation, une *dépense d'énergie* effectuée sur les réserves de nos cellules, aux dépens des *aliments*.

Cette énergie, les « forces vitales » d'autrefois, ils savent la mesurer. Une simple comparaison le démontre.

La machine à vapeur, par exemple, développe puissance et chaleur en brûlant un combustible, en l'oxydant au moyen du gaz actif de l'air : l'*oxygène*. Il est évident que la dépense d'énergie, au lieu de s'évaluer en charbon, pourrait aussi bien s'exprimer en litres d'oxygène, la quantité de ce gaz étant rigoureusement proportionnelle à la quantité de combustible qu'il transforme en chaleur et en travail.

Pareillement, on observe dans le corps de l'animal une transformation des aliments absorbés, sous l'action de l'oxygène respiré, avec production de travail musculaire et nerveux et de chaleur. D'habiles expérimentateurs, comme Chauveau en France, firent la *preuve définitive* que l'animal

est le siège des mêmes opérations que les moteurs thermiques, encore que nous ne sachions rien de la nature des combustions vitales.

La force, sous ses aspects multiples, a pour origine ces phénomènes d'oxydation profonde : force de nos muscles, visible et mesurable ; force de la pensée, mystérieuse en son essence et infiniment variée dans ses manifestations.



FIG. 3. — Chambre calorimétrique de Boston.

C'est ce qui fut vérifié, avec un luxe prodigieux, dans les laboratoires de Boston installés aux frais de M. Carnegie.

Une *chambre calorimétrique*, d'environ 5 mètres cubes, est aménagée pour le séjour d'une personne. L'air y arrive de manière à pouvoir être analysé à son entrée comme à sa sortie.

On peut même mesurer avec une très grande exactitude la chaleur rayonnée par le corps du sujet. L'ensemble de l'installation, décrite dans notre livre *Le Moteur humain* (p. 199), a coûté plus d'un million (*fig.* 3).

Les expériences, habilement dirigées par Atwater et Benedict, ont montré que *la quantité d'oxygène consommé se règle très rigoureusement sur la quantité d'énergie produite, celle-ci étant évaluée en calories* (1).

Le litre d'oxygène équivaut à *4,90* calories, c'est-à-dire que les divers aliments, brûlés par lui dans l'intimité de nos cellules, développent autant de chaleur qu'un poids de houille égal à deux tiers de gramme environ.

Ainsi, graisses, sucres, albumines se concentrent dans les foyers microscopiques de la machine vivante, sous l'insufflation continuelle de l'oxygène, et mettent de l'énergie en liberté. De celle-ci dérivent la chaleur qui entretient la température constante du corps, *37° à peu près*, et le travail musculaire. On dira plus loin comment il est possible de mesurer à tout instant, à chaque minute si l'on veut, la consommation d'oxygène respiré, et de suivre les étapes et les variations de l'énergie que l'organisme met en jeu dans n'importe quelle circonstance. Rien n'est plus *fidèle* ni plus *pratique* que cette méthode.

D'autre part, la physiologie s'adresse à l'analyse des phénomènes de fatigue dans leur répercussion sur la puissance névro-musculaire, les fonctions circulatoire et respiratoire, la production de poisons organiques ou l'auto-intoxication ; et elle vise à assigner les limites normales de cette fatigue, pour écarter d'une façon certaine le surmenage.

Elle est donc science plus profonde et plus vraie que la méthode purement mécanique. C'est ce qui explique qu'elle fut préconisée à l'aurore de l'*énergétique* par les fondateurs de cette doctrine : Hirn, de Colmar, et l'Allemand Helmholtz (1854, 1848).

VIII. — **Lavoisier**. — Mais il faut rappeler que le plus

(1) La calorie est ici la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température d'un litre d'eau pure. Pour évaluer les *kilogrammètres* de travail dans cette même unité, la calorie, on doit les diviser par 426, car il y a *équivalence* entre un travail de 426 kilogrammètres (5,68 HP.) et la calorie.

génial chimiste des temps modernes, Lavoisier [1], ouvrit



Fig. 4. — Lavoisier (1743-1794).

l'ère des mesures et des recherches que nous signalons

[1] Antoine-Laurent Lavoisier, né à Paris en 1743, mort sur l'échafaud en 1794.

(*fig.* 4). Il établit les rapports de l'oxydation du corps et de la production de « forces ». Sur son collaborateur Seguin il fit des déterminations d'oxygène respiré, tantôt au repos et tantôt au travail. Le visage recouvert d'un *masque respiratoire*, Seguin était d'abord maintenu tranquille, puis, durant un quart d'heure, il soulevait un poids attaché à ses pieds (*fig.* 5).

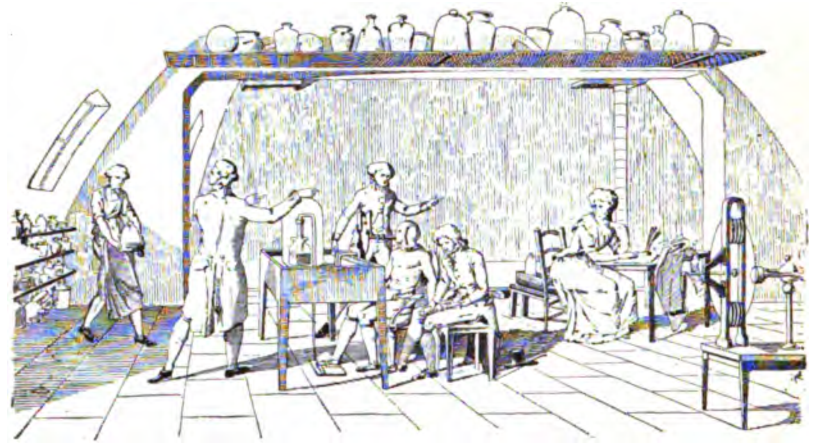


FIG. 5. — Expérience de Lavoisier sur Seguin.

De ces observations, Lavoisier tira d'admirables conclusions qu'il faut citer inlassablement :

« Ce genre d'observations, dit-il, conduit à comparer des emplois de forces entre lesquelles il semblerait n'exister aucun rapport. On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument.

« On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces efforts, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu, sous la dénomination commune de *travail*, les efforts de l'esprit

comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire [1]. »

Ces lignes, écrites en 1789, contiennent toute la doctrine physiologique dans ses plus lointaines applications. On voit combien elle est féconde ; elle n'exclut pas la mesure mécanique : elle la comprend, au contraire, comme un élément d'une vérité plus haute et plus achevée : *l'évaluation de l'énergie vitale.*

[1] LAVOISIER, *Œuvres complètes*, II, p. 688 (édition officielle).

CHAPITRE II

LES FONCTIONS ORGANIQUES DE L'HOMME

IX. — Entre le *capital* et le *travail*, il n'y a pas qu'une question d'argent à débattre, il y a la vie humaine à sauvegarder.

Les *lois de la vie active* sont donc essentielles à connaître pour organiser le mouvement, celui du corps et celui de l'esprit, pour en éviter, à coup sûr, le dérèglement et le gaspillage. Elles ont même acquis une force nouvelle depuis que les événements de la guerre ont étendu le champ de leurs applications. Car l'être humain a été meurtri, les blessures sont à peine cicatrisées, et les mutilations ont réduit la valeur sociale de millions de personnes; des tares organiques, qu'il faut savoir déceler, se sont constituées, et des douleurs morales subsistent dont il faut concevoir les profondes répercussions.

Allons plus au cœur du problème. Les générations qui se lèvent doivent être vigoureuses et saines; il faut organiser l'activité de la jeunesse. Les générations qui vont passer lui doivent de la conseiller et guider à la lumière de leur expérience et aussi de leurs vertus... Le devoir scientifique est donc dans la recherche des meilleures conditions de vie et de travail.

Il est très vrai, malheureusement, que la plupart de nos maux ont pour cause notre ignorance, souvent notre faiblesse de volonté. Le capital de nos énergies ne devrait s'épuiser

qu'au terme le plus éloigné de la vieillesse, si nous savions vivre de façon tempérante et ordonnée. Nous en décidons autrement, à nos dépens. C'est pourquoi la connaissance du fonctionnement de l'organisme humain est la préface de toute *culture physique*, de toute discipline dans le travail. Il ne s'agit pas de décrire par le menu les mécanismes innombrables qui le composent. Le médecin, comme l'ingénieur, ont besoin tout simplement de saisir l'enchaînement des fonctions physiologiques, et leur coordination dans cette harmonie supérieure qu'est la santé. L'état normal et l'état pathologique, les prédispositions que l'exercice favorise ou aggrave, les indices bons ou mauvais, et les conditions d'une activité rationnelle, tels sont les éléments que ce livre s'efforcera de réunir.

Les grandes fonctions comprennent : la *digestion*, la *respiration*, la *circulation*, collaborant ensemble à former des réserves d'énergie ; le *mouvement*, qui dépense et utilise cette énergie ; la *pensée*, qui est un mode de mouvement, mais invisible et encore inexpliqué. La solidarité du tout éclate dans la production de la *force*.

X. — **Fonction digestive**. — L'appareil de la digestion est représenté par un groupe d'organes (*fig.* 6), schématisés sur la figure 7. On voit qu'en dehors du conduit appelé *œsophage*, par lequel les *aliments* se rendent de la bouche à l'estomac, sur un parcours moyen de 20 centimètres, l'ensemble des organes digestifs occupe la partie inférieure du tronc. De la partie supérieure, où sont situés le cœur et les poumons, il est séparé par une membrane musculaire épaisse et large, une sorte de plancher nommé *diaphragme*.

Les tronçons du tube digestif, en outre de l'œsophage, sont : l'*estomac* dont la *grande courbure* s'appuie au *diaphragme* à gauche, presque sous le niveau vertical du cœur, et qui, en se dilatant fortement, peut gêner le poumon gauche et réagir sensiblement sur l'organe central de la circulation ; — puis, le long canal de l'*intestin grêle*, environ 8 mètres sur 3 cen-

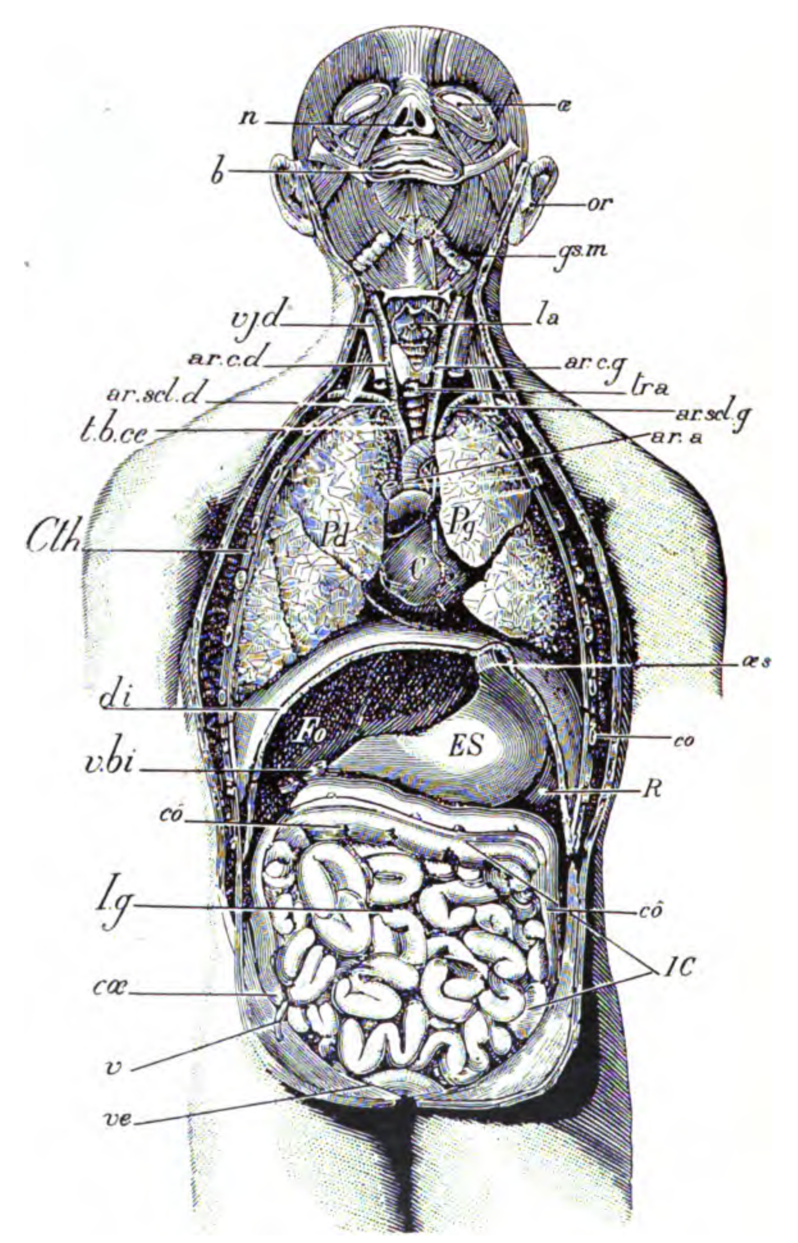


Fig. 6. — **Principaux organes du corps humain.**

Légende. — *œ*, œil ; *n*, nez ; *b*, bouche ; *or*, oreille ; *gs.m*, glande sous-maxillaire ; *la*, larynx ; *tra*, trachée-artère ; P*d* et P*g*, poumons droit et gauche ; C*th*, cavité thoracique ; *co*, côte ; *di*, muscle diaphragme ; *c*, cœur ; *ar.a*, artère aorte ; *t.b.ce*, tronc brachio-céphalique ; *ar.c.d*; *ar.c.g*, artères carotides droite et gauche ; *ar.scl.d*; *ar.scl.g*, artères sous-clavières droite et gauche ; *v.j.d*, veine jugulaire ; *œs*, œsophage ; ES, estomac ; I*g*, intestin grêle ; *cœ*, cœcum ; *cô*, côlon ; IC, gros instestin ; *v*, appendice ; F*o*, foie ; *v.bi*, vésicule biliaire ; R, rate ; *ve*, vessie.

timètres de diamètre, que l'on distingue en *duodénum* (13 centimètres), un étroit et court passage, en *jéjunum* et *iléon*, ce dernier tronçon s'ouvrant vers le *gros intestin* par la *valvule iléo-cœcale*. Le gros intestin encadre l'autre; il est fermé à son bout de droite par un petit et mince *appendice*, le siège de la fameuse *appendicite*, — organe inutile supposait Metschnikoff (1), et qui ira s'atrophiant jusqu'à ce qu'il n'en reste plus trace : la Nature supprime tout ce qui n'a pas une fonction déterminée, et vise à l'*économie de matière*. A gauche, le cadre intestinal devient à peu près vertical et rectiligne : d'où le nom de *rectum* donné à cette portion descendante, qui débouche au dehors par l'*anus*.

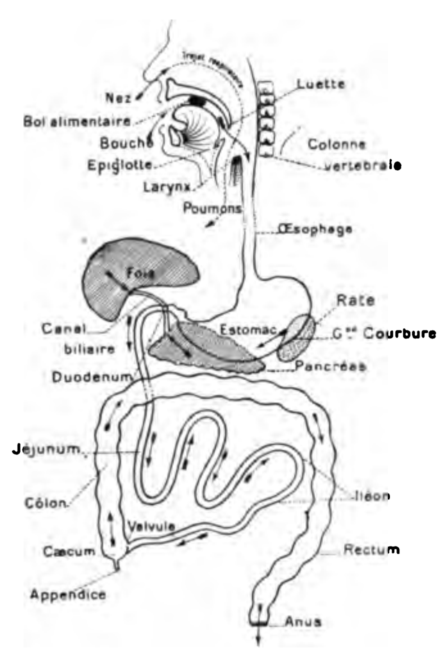


FIG. 7. — Schéma de l'appareil digestif.

Une vaste membrane, à deux feuillets glissant l'un sur l'autre, enveloppe tout l'appareil de la digestion : c'est le *péritoine*. Le mouvement de l'estomac et des intestins se produit donc sans frottement; il est libre, mais, à moins de chutes graves ou d'efforts violents, il est guidé et se trouve à l'abri des secousses. Les *aliments* effectuent leur voyage à travers un canal à paroi musculeuse, souple et résistante, qui est animée de contractions progressives dirigées vers l'*anus*. Ce *péristaltisme* est très rapide lors de la déglutition; il est lent dans l'estomac, où les aliments peuvent séjourner le

(1) Savant russe, sous-directeur de l'Institut Pasteur de Paris (1845-1916).

temps utile; il est plus vif dans l'intestin grêle, rare et brusque dans le gros intestin. En ajoutant aux aliments un peu de *sous-nitrate de bismuth*, on rend le tube digestif transparent aux *rayons X* et on étudie ses mouvements par la *radio-chrono-photographie* (1) ; alors on aperçoit que le parcours alimentaire dans l'œsophage seul dure 6 secondes (2), mais le séjour gastro-intestinal se prolonge de une à plusieurs heures.

C'est durant ces étapes que s'effectuent les opérations chimiques de la digestion, sous l'empire des *sucs* sécrétés par la *muqueuse* interne de la paroi, aidés par les oscillations des organes eux-mêmes, et davantage par les liquides qu'y versent, au niveau du duodénum, des *glandes spéciales* annexées au tube digestif : le *foie*, qui, placé à droite de l'estomac, lui fournit le *suc biliaire*, agent puissant de transformation des graisses et d'opérations antitoxiques ; et dans le même conduit duodénal, tout près, arrive le suc du *pancréas*, dont les effets chimiques sur les substances alimentaires sont variés et énergiques.

Il suffit de mentionner ces produits de l'usine abdominale, et ceux des *glandes salivaires*, pour se représenter les étapes et la durée totale du phénomène digestif.

Rien ne doit le troubler ni le ralentir, pas plus dans ses conditions intérieures, relatives au choix et à la masse des aliments, que dans ses conditions externes réalisées par la protection contre le froid et la fatigue.

Mais une découverte intéressante, due au savant russe *Pawlof*, ajoute, à cet ensemble de faits, l'éclat d'une doctrine pour ainsi dire philosophique. *Pawlof* constate que :

La nature du suc sécrété convient toujours à celle de l'aliment à digérer. — La seule vue de cet aliment, ou l'imagination que l'on en a, produisent ce même effet, et la sécrétion psychique est plus abondante et plus active que la sécrétion par contact direct de la substance.

(1) J. Carvallo, *Archivio di Fisiologia* (Compte rendu du Congrès de Physiologie de Heidelberg de 1907 ; t. V, p. 97 ; 1908).

(2) Meltzer, *Centralb. f. Med. Wissensch.*, p. 1-4 ; 1883.

« Avoir l'eau à la bouche » n'est donc pas un adage vide de sens ; tout l'art culinaire, les assaisonnements, la préparation tendent à provoquer ces interventions psychiques stimulantes de l'appétit, et à faciliter le travail de la digestion. Manger d'un mets « trop vite pour en sentir le goût », comme disent nos paysannes, c'est le défaut que nous appelons la *tachyphagie*. Nos multiples occupations l'ont créé, au détriment de notre santé. Il faut prendre son temps pour bien mâcher et savourer les aliments. C'est du temps employé utilement.

Quand toute la série des phénomènes qui débutent par le travail des dents (*mastication*) et se terminent à la paroi des intestins est épuisée, quand des aliments absorbés tout le suc utilisable a été extrait et le résidu évacué, il s'est formé un produit complexe : le *chyle*, ayant l'aspect laiteux, contenant toutes les particules grasses, sucrées, albumineuses, tirées du repas. De nombreux suçoirs, les *vaisseaux chylifères*, vont le pomper à travers la paroi intestinale ; ils le conduisent au *foie*. Cet organe, ne l'oublions pas, sert de magasin pour la matière sucrée du chyle; elle s'y dépose à l'état de *glycogène*, ce qui donne au foie une saveur douce. Et tandis que le glycogène reste en grande partie dans les mailles du filet tendu sur le passage du chyle, les éléments nutritifs continuent leur cours et se déversent dans le *sang* par l'intermédiaire du *canal thoracique*. Le sang les portera en tous les points de l'organisme, dans chacune de nos cellules, où ils brûleront comme le charbon sur la grille d'un foyer, et il se chargera encore des produits de cette combustion : *urée*, *eau*, *gaz carbonique* et divers *corps* plus ou moins *toxiques*. Par lui, ceux-ci se rendent aux *reins* qui les filtrent, aux poumons qui expulsent le gaz carbonique. L'*urine* remplit alors la vessie pour être ensuite éliminée.

Il faut éviter de ralentir l'épuration rénale qui nettoie l'organisme; l'*eau* comme boisson, toujours saine et fraîche, satisfait admirablement à ce service. Il ne faut pas, non plus embarrasser l'estomac par des substances qu'il ne pourrait

digérer facilement ou qui l'irritent. Défendons-le contre l'abus de la cuisine raffinée à laquelle notre palais s'est habitué ; défendons-le contre l'alcool et les spiritueux. Ainsi sera rendu possible le cycle *normal* des phénomènes de digestion (1).

XI. — **Fonction respiratoire.** — Un autre cycle s'y superpose, presque invisible et non moins indispensable à la vie. C'est le cycle de l'*oxygène* de l'air, gaz qui sert à brûler tout combustible, et dont l'utilisation au sein des cellules vivantes se règle sur l'apport alimentaire. L'oxygène est contenu, dans l'atmosphère que nous respirons, dans la proportion de *21 0/0* contre 79 d'azote, soit environ le *cinquième du volume d'air inspiré*. Il pénètre dans les poumons, à travers la cavité du nez, la bouche, le pharynx, le larynx, la trachée-artère, les bronches (*fig.* 6) ; il se répand dans une infinité de *vésicules pulmonaires* (environ 2 milliards), comme dans autant de poches microscopiques ; il y trouve les fines ramifications des vaisseaux sanguins. Entre l'air et le sang, la membrane interposée n'a pas plus d'un *centième de millimètre* d'épaisseur. L'oxygène, en vertu de sa tension propre, filtre de dehors en dedans et se fixe sur le sang, devenu ainsi son véhicule universel, ou, suivant le mot de Claude Bernard, « son milieu intérieur ». La respiration réalise cet échange gazeux, par lequel le sang se sature d'oxygène et rejette le gaz carbonique provenant des combustions cellulaires. Elle comprend les deux phases, *inspiration* et *expiration*, qui se manifestent par une dilatation des poumons et de tout le thorax dans le premier temps, dilatation qui cesse avec le second temps, généralement *plus long*.

Pour que la cavité thoracique s'amplifie de la sorte, le diaphragme s'affaisse en pressant sur l'estomac et les *côtes*

(1) J.-P. Pawlof, *Le Travail des glandes digestives*, passim ; Paris, 1901 ; — A.-F. Hornborg, *Skand. Arch. f. physiol.*, t. XV, p. 209 ; 1904 ; ce savant a vérifié les lois de Pawlof sur l'appareil digestif de l'homme. — Voir sur les peuplades qui mangent de la terre : *Le Moteur humain*, p. 180.

pivotent sur leurs articulations en se relevant. Il en résulte une augmentation des diamètres vertical, latéral et antéro-postérieur du thorax, grâce au jeu combiné et réglé des muscles respiratoires. L'ampliation due au mouvement des côtes est plus importante que celle dont le diaphragme est l'origine; le rapport est de 2 à 1 environ. Cela est surtout marqué chez la femme, à raison des faits de la grossesse et, pour une part, des caprices de la mode (corset). Le diaphragme jouit, en effet, d'excursions plus étendues chez les femmes sauvages. A chaque respiration, l'adulte introduit un *demi-litre d'air* dans ses poumons et le renouvelle, quand il demeure au repos, 15 à 16 fois par minute. C'est donc au moins *dix mètres cubes* d'air qui viennent, journellement, prendre contact avec le sang circulant. Lorsqu'on se livre à un travail continu, professionnel ou sportif, la consommation d'oxygène et l'activité de tout l'appareil respiratoire augmentent; la ventilation marche aux rythmes de 30 à 50 par minute, et mobilise un volume d'air deux à trois fois supérieur. Il y a là une excitation des centres nerveux de la moelle, au niveau du bulbe, par l'arrivée d'un sang riche en gaz carbonique et oxygène mélangés ([1]).

Dans ces conditions d'activité, il faut des mouvements thoraciques et des voies pulmonaires bien *libres*. Certains états pathologiques atteignent les muscles préposés à ces mouvements, ou limitent la capacité des poumons (paralysies, pleurésies, pneumonies); ils sont l'origine d'une prompte fatigue. On évitera aussi les vêtements serrés et les attitudes défectueuses du corps...

Précisément, toutes ces circonstances produisent une ventilation de travail très accidentée, à rythme rapide et superficiel; les échanges gazeux sont alors insuffisants : c'est la *dyspnée*. Elle se révèle dans les exercices pénibles (*cyclisme*, *alpinisme*), à la suite d'anémie, dans une atmosphère pauvre en oxygène ou riche en gaz carbonique. Ce dernier facteur

([1]) C. Foa, *Archivio di Fisiologia*, t. VI, p. 536; 1908-1909.

est particulièrement à retenir : la dyspnée par gaz carbonique est certaine lorsque sa proportion s'élève à 10 0/0 du volume d'air ambiant. Mais ses effets *toxiques* sont déjà sensibles aux centres nerveux à des taux inférieurs ; on les attribue [1], sans preuves sérieuses je crois, à la présence dans l'air expiré de traces d'*ammoniaque*, ou encore de certains *produits alcaloïdiques*. Brown-Séquard et d'Arsonval avaient signalé ces produits que Weichardt et Strœde ont appelés *kénotoxines* [2]. Malgré les recherches de ces savants, il faut admettre que, dans un milieu confiné où séjournent des gens bien portants, les *seuls facteurs redoutables* sont la *chaleur* et l'*humidité*. La preuve en est que si l'on y respire au moyen d'un tube amenant de l'air sec et frais, on est tout de même incommodé ; et, par contre, si du dehors on inspirait par un tube l'air confiné, on n'éprouverait aucun malaise [3]. De là l'indispensable précaution de ventiler ateliers, chambrées, appartements, et d'y faire passer un courant d'air frais. La respiration peut alors ravitailler en oxygène la masse sanguine des poumons et supprimer l'action déprimante de la chaleur humide.

XII. — **Fonction circulatoire.** — Le sang se renouvelle en tous les points de l'organisme grâce au mouvement que le *cœur* lui imprime, et il y entretient la vitalité. Il contient, en effet, par millimètre cube, environ cinq millions de globules rouges, éléments albuminoïdes et ferrugineux dont la base est l'*hémoglobine*, et l'on sait que l'oxygène s'unit aisément à cette substance, devenue ainsi la réserve énergétique.

Des poumons, où il s'est débarrassé de son gaz carbo-

(1) Formanek, *Arch. f. Hygiène*, t. XXXVIII, p. 1 ; 1900 ; — Gardenghi, *Giornale d. R. Soc. ital. d'Igiene*, t. XXVI, 1904.

(2) Brown-Séquard et d'Arsonval, *Comptes rendus Acad. Sciences*, t. CVI, p. 106, 165 ; t. CVIII, p. 267, 1294 ; années 1888-1889 ; — Weichardt, *Ueber Ermüdungsstoffe*, 2e édit., Stuttgart, 1912 ; — Stroede, *Zeitsch. f. Schulges-und-heitspflege*, t. XXVI, p. 735 ; 1913.

(3) L. Hill et Flack, *Bull. mens. office intern. Hyg. Publ.*, t. VII, p. 776 ; 1915.

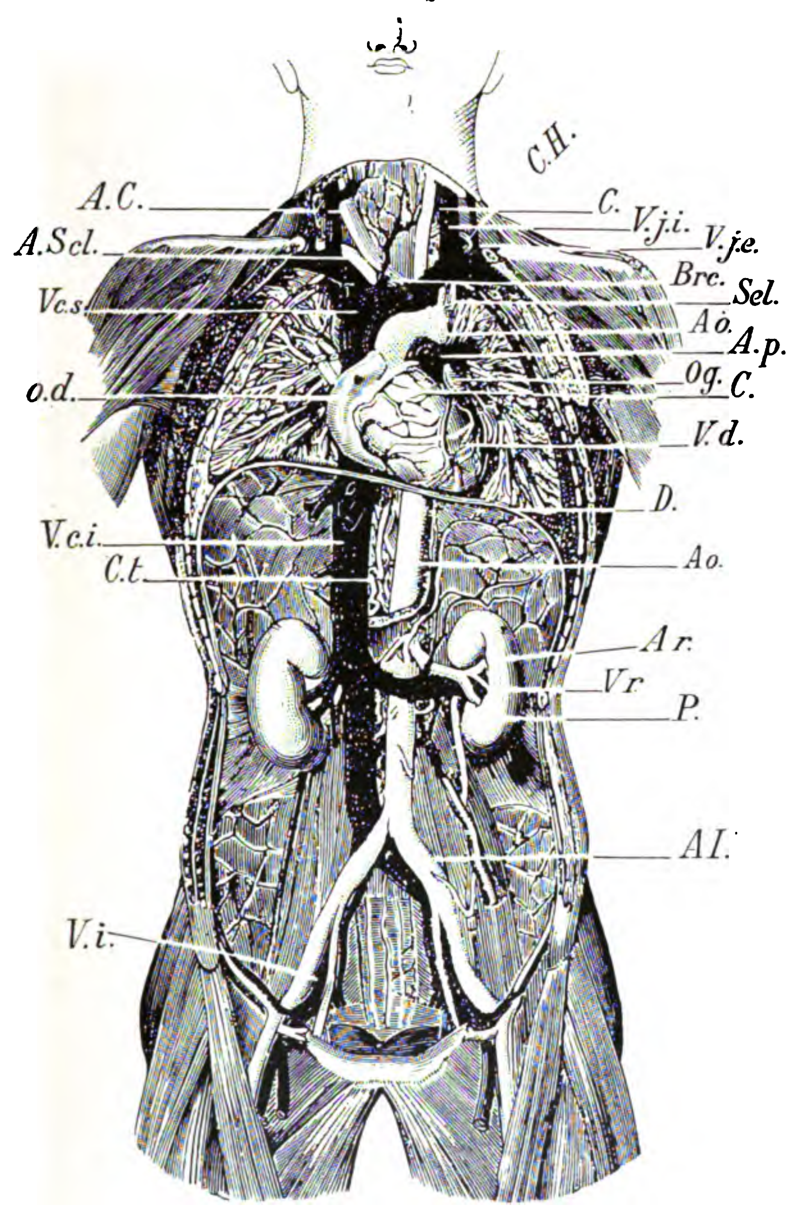


Fig. 8. — Les organes de la circulation du sang.

Légende. — **C**, **cœur** ; **D**, **diaphragme** ; ***od***, ***og***, **oreillettes droite et gauche** ; **V*d***, **ventricule droit** ; **A*o***, **artère aorte** ; **AC**, **artères carotides** ; **A.S.*cl***, **artère sous-clavière droite** : **A*r***, **artère rénale** ; **AI**, **artères iliaques** : **A*p***, **artère pulmonaire** ; **V.*c.s.***, **V.*c.i.***, **veines caves supérieure et inférieure** ; **V.*i.***, **veines iliaques** ; **V.*j.i.***, **V.*j.e.***, **veines jugulaires interne et externe** ; **C*t***, **canal thoracique.**

nique et enrichi d'oxygène, le sang reflue vers le cœur gauche par les *veines pulmonaires* (*fig.* 9), et vient emplir l'*oreillette*. Mais celle-ci se contracte et le chasse dans le *ventricule*, tandis que se ferme la soupape de communication ou *valvule mitrale*. Une forte contraction de ce ventricule gauche fait passer le sang dans la grande artère aorte et ses nombreuses branches : carotides, jugulaires, rénales,

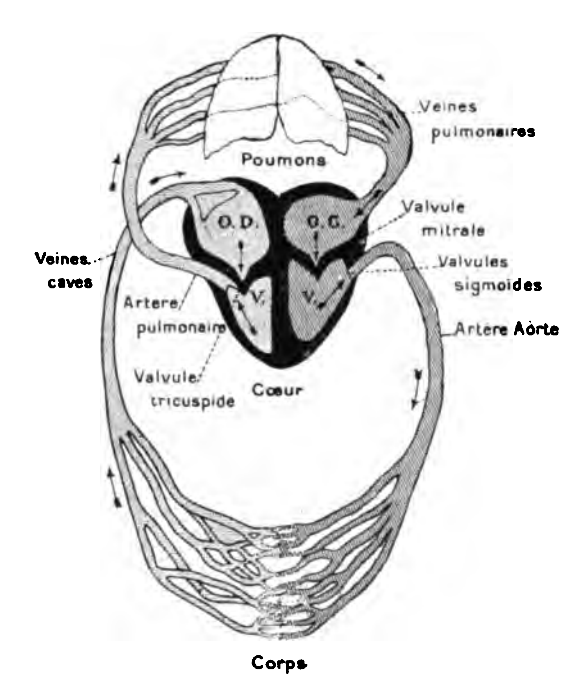


Fig. 9. — Schéma de l'appareil circulatoire.

iliaques, etc. (*fig.* 8). Telle est la voie d'irrigation de tous nos organes, ceux de la force et ceux de la pensée. Le sang y répand ses principes nutritifs, et il emporte les déchets de la combustion vitale. Vicié, son hémoglobine désoxydée, il fait retour au cœur par les *veines caves*. L'oreille droite qui le reçoit le relance aussitôt dans le ventricule droit, et celui-ci dans les poumons, pour une épuration nouvelle. C'est donc là un troisième cycle : celui du sang, à ajouter

aux cycles respiratoire et digestif. Ils assurent un mouvement incessant de matière à travers notre corps et, parallèlement, un mouvement d'*énergie*. L'état normal veut que ce courant soit aussi pur que possible et régulier, qu'il compense les pertes et rétablisse le niveau : l'homme ne varie alors ni de masse ni de puissance. *Il est en équilibre.*

Le rôle du cœur est, dans cet œuvre, tout à fait prépondérant. Par ses contractions ou *systoles*, il fonctionne comme une pompe foulante, et, entre ces contractions, il ouvre ses cavités et aspire le sang qui revient des poumons ou des veines caves : il se met en *diastole*. Dans une de ses révolutions, il effectue une bonne partie du nettoyage profond de l'organisme.

Les systoles auriculaires ou ventriculaires ont lieu *simultanément*, celles-ci plus marquées que celles-là et plus prolongées. Les phases de la révolution du cœur, quant à leur durée, sont à peu près les suivantes :

Systole auriculaire........................	18 0/0
— ventriculaire........................	45 0/0
Diastole générale........................	37 0/0
Durée d'une révolution.................	100 0/0

C'est la contraction des ventricules que l'on perçoit au toucher, vers le cinquième espace *intercostal gauche ;* elle constitue le *choc du cœur ;* on la voit même, qui, chez les sujets maigres, soulève la paroi de la poitrine au niveau indiqué, généralement au-dessous du mamelon. Le clinicien, qui observe du dehors, note simplement que la durée du choc représente le tiers ou le quart de la période totale; de sorte que le rapport entre diastole générale et systole est égal à deux ou trois.

On écrit :

$$\frac{D}{S} = 2,50 \text{ environ.}$$

Ce rapport se modifie par la fatigue; *il tend à diminuer.*

Le poids d'un cœur adulte est de 250 grammes environ, et

le rythme des battements, *au repos*, de 65 à 70 par minute, s'élevant progressivement sous l'influence de l'activité musculaire. Le rythme est de 78 à 80 chez la femme, de 80 à 90 en ce qui concerne l'enfant.

Le mouvement, que les contractions du cœur impriment à la masse du sang, se propage aux artères où il s'accuse par une *pulsation* de la paroi de ces vaisseaux; il produit le *pouls*. Pour peu que l'on comprime une artère contre un os voisin, les battements du pouls deviennent perceptibles. Cela est particulièrement net sur la *radiale*, la *temporale*, la *fémorale*, de préférence sur la première de ces artères.

Les bruits du cœur sont plus forts si l'organe est *hypertrophié*, plus faibles s'il est le siège d'une *dégénération*. L'auscultation permet encore, au cas de mauvais fonctionnement des valvules, d'*insuffisance valvulaire* (notamment *mitrale*), de déceler un bruit de *souffle*.

La fonction du sang est essentiellement vitale. Tout ce qui l'arrête, toute compression sur le trajet circulatoire, diminue la puissance musculaire et nerveuse et peut, en un temps relativement court, compromettre l'existence elle-même.

Une vieille expérience de l'évêque *Sténon* [1] démontre ce fait capital : il lie la grande artère qui se rend dans les jambes du chien; aussitôt, quelques minutes à peine, l'aptitude à marcher disparaît : les jambes sont rigides. Alors il enlève la ligature, et de nouveau la mobilité revient aux membres. Cette influence du sang est plus délicate dans le domaine nerveux. Tandis que la compression de l'avant-bras laisse les doigts actifs, même au bout d'une demi-heure, il suffit d'appuyer, durant 15 à 20 secondes, sur les carotides allant au cerveau, pour que la conscience s'évanouisse.

L'état de la circulation doit toujours faire l'objet d'un examen sérieux, spécialement en vue des *exercices de force*, dans le jeune âge, ou pour le travail des *blessés*.

[1] Nicolas Sténon, anatomiste danois, devenu évêque (1631-1687).

XIII. — **Fonctions de relation.** — *Le mouvement.* — Mais la fonction supérieure de l'homme, c'est le *mouvement.* Sans doute, les animaux en sont également doués; ils le manifestent même avec une adresse et une sûreté incomparables. Toutefois, leurs actes sont purement *instinctifs*, j'entends que la précision de ces actes est définitive. Ils sont automatiques, du fait de l'hérédité, et généralement *non perfectibles.*

Au contraire, l'homme calcule ses effets, éduque et discipline ses mouvements et les harmonise dans un *but* qu'il comprend, dont il a conscience. Chez lui, la conscience ne saurait être totalement absente, encore qu'il s'agît de mouvements apparemment automatiques, comme la *marche :* elle les *rectifie* à mesure.

L'appareil du mouvement comprend les *os*, constituant le *squelette*, et aussi les *muscles*, ensemble réunis en *systèmes articulés*, en leviers qui réalisent tous les actes moteurs de la vie animale (1).

L'énergie qui les anime est déclanchée par les excitations du système nerveux, lequel, aidé par les *sens*, surtout la *vue* et le *toucher*, coordonne et oriente les contractions musculaires.

Il faut immédiatement noter que les organes actifs sont régis par une loi physiologique capitale, que j'appellerai *loi de l'hégémonie fonctionnelle.* Elle veut que tout organe, capable de se contracter ou d'entrer en exercice, soit le siège d'échanges nutritifs et respiratoires plus intenses qu'aucun autre point du corps. Autour de la glande qui sécrète, du muscle qui se raccourcit, de la cellule nerveuse qui vibre à la sensation subie, affluent les liquides de l'organisme, le sang et la lymphe; l'irrigation des muscles contractés augmente, par exemple, de 4 à 5 fois sa valeur; il passe en *une minute*, dans ces organes, un poids de sang égal à 85 0/0

(1) Sur les modes et les libertés des articulations, voir *Le Moteur humain*, p. 114-142.

environ de leur poids propre (1). Les éléments nerveux sont ébranlés et produisent la *tonicité*. Un labeur silencieux se poursuit dans la cellule ou la fibre vivantes, qui rend possible et développe la *fonction* elle-même.

Ce trop-plein de vie d'un côté amène ailleurs un ralentissement ; c'est surtout entre les organes digestifs et ceux du mouvement que la loi d'hégémonie fonctionnelle établit cette dénivellation si nécessaire au travail physiologique.

XIV. — **Système osseux.** — Le squelette constitue la charpente solide du corps ; la résistance des os est au moins double de celle du bois de sapin ; elle croît jusqu'au seuil de la vieillesse, et plus pour l'homme que pour la femme, car le tissu osseux du premier est dense et son squelette massif. D'ailleurs le genre de vie et le mode d'alimentation modifient cette résistance. C'est ainsi que les os des chevaux de course sont plus denses que ceux des chevaux qui vivent dans les pâturages. — Par contre, on observe des cas de fragilité toute spéciale et héréditaire du squelette : on lui a donné le nom d'*ostéopsathyrose ;* elle se révèle souvent dans les fractures du fémur et de l'humérus (2).

Certaines affections se localisent, enfin, dans la substance osseuse et en compromettent la solidité.

C'est à l'alimentation, par le véhicule du sang, que le squelette emprunte ses éléments formateurs, où dominent, de loin, les *phosphate* et *carbonate de chaux*. L'absence de sels minéraux dans les aliments, ou l'*inanition minérale*, entraîne le ramollissement et la déformation de l'os, en altère la structure (3) et retarde, dans le jeune âge, la marche de l'ossification. La proportion de phosphate est

(1) CHAUVEAU et KAUFMANN, *Comptes rendus Acad. Sciences*, t. CIV, p. 1352 ; 1887.

(2) DAVENPORT et CONARD, *Proceed. Nat. Acad. Sciences*, t. I, p. 537; 1915; — WASHINGTON, *Hereditary fragility of Bone* (*Bull.* n° 14 de l'*Eugenics Record Office ;* 1915).

(3) KÖNIG, *Landw. Jahrb.*, p. 421 ; 1874 ; — H. WEISKE, *Zeit. f. Biol.*, t. VII, p. 179 et 333 ; — t. X, p. 410 ; 1873-1874 ; — J. FORSTER, *Ibid.*, t. XII, p. 464 ; 1875.

réduite de 25 à 30 0/0 dans l'*ostéomalacie infantile*, et

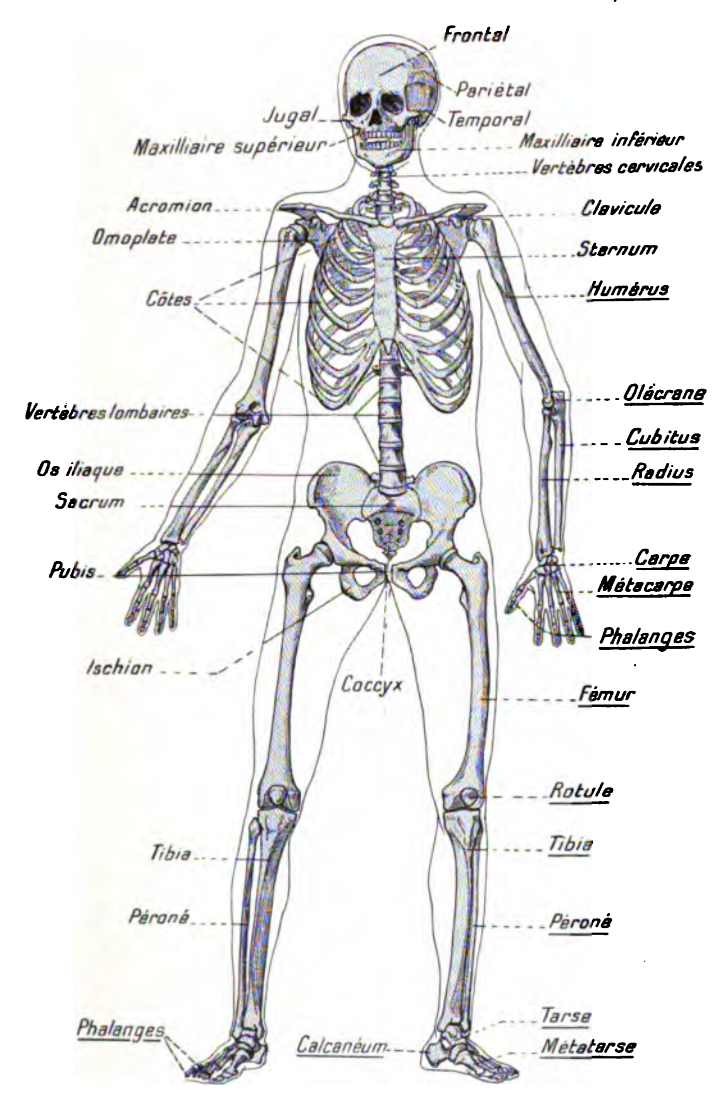


FIG. 10. — Disposition générale du squelette humain.

davantage dans le *rachitisme* (1).

(1) H. BRUBACHER, *Zeit. f. Biol.*, t. XXVII, p. 517; 1890; — GALLINARD et KÖNIG, *C. R. Acad. Sc.*, t. CXL, p. 1332; 1905.

Au terme de l'inanition minérale, de graves accidents nerveux ne tardent pas à se manifester (Forster).

La disposition naturelle des différentes pièces du squelette est représentée par la figure 10. Celles-ci sont toutes articulées ; leurs surfaces de contact sont recouvertes de *cartilages*, matière lisse et souple qui réduit leur frottement relatif ; les *têtes articulaires* sont parfois enveloppées d'une capsule qui contient la *synovie*, liquide alcalin et visqueux favorable au glissement des surfaces osseuses (Ex. : genou). Le mode d'articulation est, de toutes façons, combiné géométriquement pour se prêter à toutes les exigences du mouvement.

XV. — **Système musculaire.** — Mais ce sont les muscles qui achèvent de définir les positions des éléments squelettiques, tout en donnant, par leurs masses charnues, sa véritable forme au corps humain, sa plastique. Et avant tout, ils sont les agents du mouvement, les *moteurs* proprement dits.

Un muscle est un ensemble de *fibres élastiques*, serrées dans une enveloppe mince et transparente, et capables de se raccourcir progressivement. A ses deux bouts adhèrent deux lames cohérentes et solides : les *tendons*. Un exemple très connu de ces attaches terminales, c'est le *tendon d'Achille* : il est à l'extrémité inférieure du mollet et se fixe à l'os du talon ou *calcanéum*.

Suivant la partie du corps à mouvoir et l'adaptation organique, muscles et tendons se développent d'après la même loi que le squelette ([1]), et les insertions osso-tendineuses prennent une remarquable fixité qui rend possibles les grands déploiements de force.

Aux divers points du corps, les muscles affectent des dispositions et des formes variables que la figure 11 met en évidence. Leur action, toujours solidaire, a pour effet de réaliser soit la production d'*efforts soutenus* et, en quelque sorte

([1]) Voir dans *Le Moteur humain* (p. 162) l'influence si curieuse des *adaptations* des organes de la force et du mouvement.

immobiles, d'efforts dits *statiques;* soit, au contraire, l'exercice de mouvements plus ou moins rapides, à la *vitesse du travail.* C'est ce qui sera précisé plus loin.

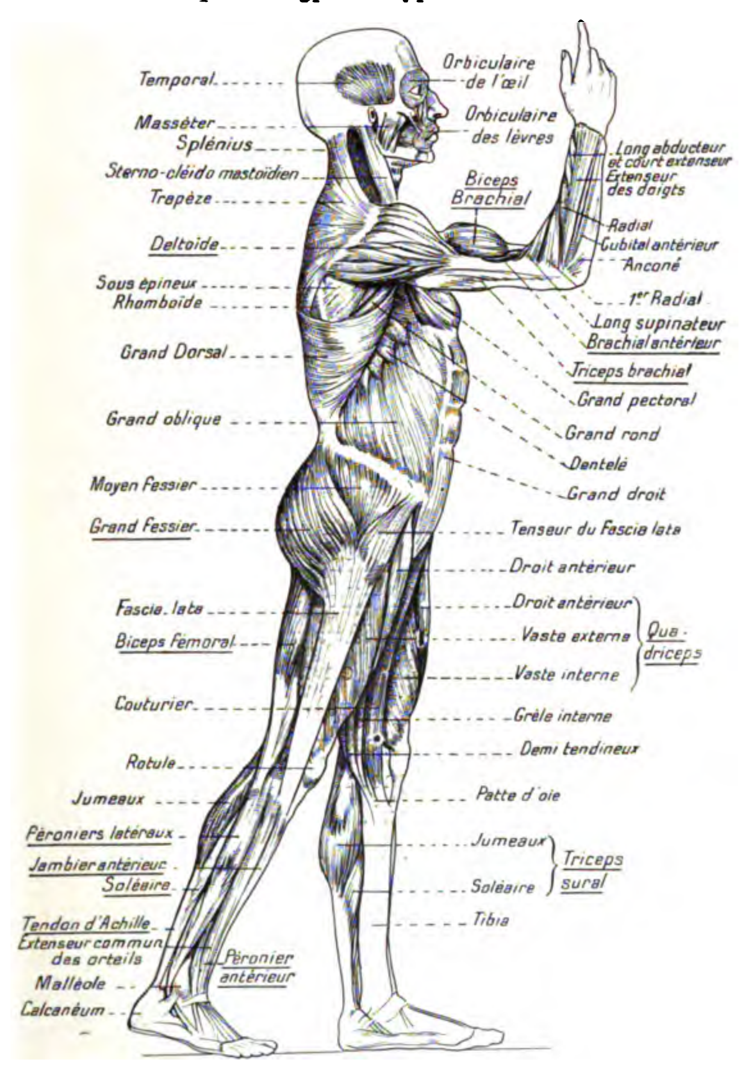


Fig. 11. — Disposition générale des muscles du corps humain.

La musculature représente environ 40 0/0 de la masse du corps, et c'est en elle que la nutrition opère activement,

avec une intensité qui augmente encore par le travail, par le froid extérieur. On pourrait presque dire qu'elle absorbe toute l'énergie des aliments, et que la masse de ces derniers doit, en conséquence, se régler sur l'importance de ce système. Les sujets peu musclés, comme aussi les *obèses*, ont moins que les autres besoin d'une grande consommation alimentaire.

XVI. — **Système nerveux.** — La coordination, presque toujours parfaite, des contractions musculaires, est l'œuvre du *système nerveux*, dont les centres supérieurs s'appellent : *moelle épinière*, *bulbe*, *cervelet*, et surtout le *cerveau*. Il remplit à merveille ses délicates fonctions, parce qu'il est à la fois *sensitif* et *moteur*, rendez-vous des *sensations* et origine des *ordres* de mouvement.

Toute la surface du corps, la *peau* qui forme le siège du *toucher*, la *rétine* qui subit l'impression lumineuse, la *muqueuse olfactive* qui sert à l'odorat, et celle de la langue où se localise le *goût*, enfin la membrane la plus profonde de l'oreille, la *cochléaire*, qui vibre aux sons, tous reçoivent des centres nerveux plusieurs *fibres sensitives* qui y recueillent les multiples impressions. Il y en a jusque dans la profondeur des viscères (cœur, estomac) et des muscles, aux articulations, aux tendons, et c'est par elles que cheminent, vers le cerveau, des renseignement ininterrompus sur l'état de l'organisme. Parallèlement, on a aussi des *fibres motrices* qui, dans les *nerfs mixtes*, s'unissent aux premières. Les *nerfs mixtes* sont la grande majorité.

L'élément nerveux a reçu le nom de *neurone :* c'est une cellule à prolongements nombreux, et orientée pour conduire l'impression sensitive ou l'ordre moteur. D'où les neurones sensitifs et les neurones moteurs, constitués probablement par de fins granules noyés dans une matière visqueuse, et mobiles sous toutes sortes d'influences (1). Les neurones se

(1) MARINESCO, *Comptes rendus Biologie*, 8 janvier 1915.

mettent en *rapport de contiguïté* par leurs terminaisons, forment une chaîne dite *arc réflexe*, depuis celui qui subit l'impression jusqu'à celui qui réagit par un ordre de mouvement. Soit le cas d'une personne touchant à l'improviste un corps brûlant; les filaments sensitifs S (*fig.* 12), irrités par la brûlure de la peau, transmettent une vibration spéciale au neurone moteur M, lequel met le muscle en état de contraction.

Ainsi, par une véritable *réflexion* de la sensation sur une cellule nerveuse, le mouvement succède à cette sensation, d'autant plus rapidement que celle-ci est plus vive et l'arc plus court. En général, la vibration nerveuse parcourt *30 à 80 mètres par seconde*, suivant qu'elle est motrice ou sensitive. On sait, en outre, qu'elle suit de préférence les voies accoutumées, parce qu'elles lui opposent le *minimum de résistance*. Suivons la marche de l'excitation nerveuse par brûlure, afin de nous rendre compte à la fois de la diversité des mécanismes en jeu, et de l'admirable réglage de leur fonctionnement. De la peau irritée, le neurone sensitif apporte un ébranlement spécial, dolorifique, dans la *corne postérieure* (dorsale) de la moelle, et là, entrent en relation d'énergie les filaments de ce neurone et ceux du neurone moteur de la corne antérieure (*ventrale*). Sur la figure, la moelle est supposée coupée horizontalement

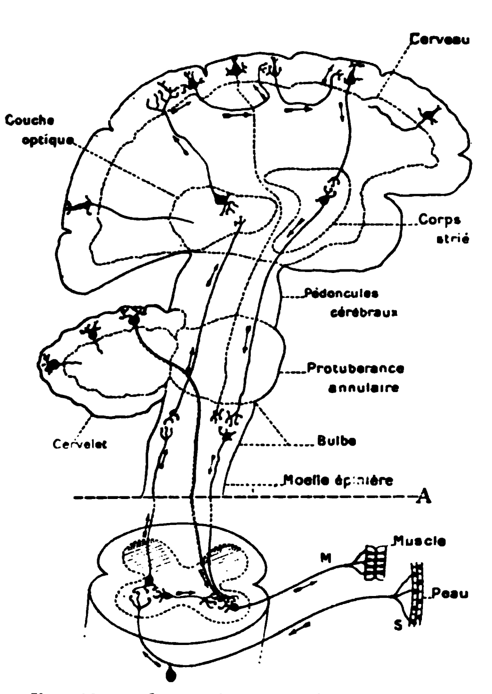


FIG. 12. — Connexions et voies nerveuses.

en A, pour montrer la région cellulaire, *grise*, où la sensation devient, on ne sait comment, l'ordre d'agir sur le muscle. Il nous paraît admissible que tous les *neurones* vibrent de la même façon, ayant la même nature histologique et chimique, et que, suivant les organes où ils aboutissent, leurs relations sont variées, ici sensitives, là motrices.

XVII. — Mais nous voulions surtout noter que cet arc réflexe médullaire est le plus court possible. Ce n'est pas le seul ; car l'ébranlement suit une fibre de la moelle montant vers le cerveau et qui, parvenue au bulbe, trouve l'occasion de rapports nombreux ; elle peut agir sur un second neurone qui va droit jusqu'au cerveau, après une étape importante dans la *couche optique*. La surface cérébrale, l'*écorce* comme on l'appelle, contient des cellules motrices à forme *pyramidale*. L'une d'elles recueille l'ébranlement et le communique à ses semblables. Après une série de transmissions, il aboutit à un centre : le *corps strié*, d'où il revient au bulbe et à la moelle.

La réflexion de la sensation a donc eu lieu sur l'*écorce cérébrale*, qui est une zone *sensitive* et *motrice*, et où siège le gouvernement général de tous les territoires de l'organisme. La longueur du réflexe accroît sa durée. L'acte *volontaire, conscient*, est ainsi en retard, nécessairement, sur l'acte involontaire, inconscient, du retrait de la main aussitôt brûlée. Ce dernier se produit et écarte le danger, l'autre *suit;* mais il n'y a pas lieu de répéter le mouvement de la main : l'ordre moteur est alors arrêté, *inhibé* par un neurone cérébral inhibiteur qui l'intercepte jusque dans le bulbe (en pointillé). *Le phénomène de conscience, la volonté apparaissent donc comme un travail de synthèse des sensations, qui rectifie, ordonne et adapte.* Ils sont liés à la vie même du tissu nerveux, où le sang afflue régulièrement, apportant l'oxygène indispensable.

Les manifestations intellectuelles sont rudimentaires à la naissance, faute de sensations. L'adresse des mouvements

est médiocre chez l'enfant, parce que l'écorce cérébrale n'a pas encore réuni en elle, par ses *neurones d'association*, les éléments de synthèse suffisants desquels procède l'*éducation*. Il faut y adjoindre le *cervelet*, qui coordonne les attitudes du corps et assure l'*équilibre*. Les cellules corticales du cervelet (*cellules de Purkinje*) ont la même importance que les pyramidales du cerveau ; elles reçoivent les sensations tactiles, auditives et visuelles, et réagissent sur l'appareil musculaire par les voies bulbo-médullaires et même cérébrales.

Ainsi, le système nerveux réunit la surface du corps à un axe central que termine la masse du cerveau. On a bien souvent comparé ces connexions de neurones à celles des fils télégraphiques qui, émanant de divers points, transmettent les événements, par des relais successifs, à un bureau central. La comparaison est bonne, si l'on ajoute que, dans ce bureau, les faits recueillis laissent une trace à peu près indélébile, car la matière nerveuse, plus que toute autre substance vivante, conserve une disposition à reproduire sa vie passée, à réagir identiquement sous la même excitation, à prolonger dans le temps ses états vibratoires. Cette *mémoire organique* est la condition de la *mémoire intellectuelle*, dont Shakespeare disait qu'elle est « la sentinelle du cerveau ». Qu'importe, après cela, que nous soyons exactement renseignés sur l'espèce de mouvement des sensations, sur la nature de l'*énergie nerveuse*, sur la part qui revient à tel ou tel nerf dans le cycle sensitivo-moteur ? — Il suffit de savoir que ce monde intérieur des *forces* dites *psychiques* reproduit le monde extérieur avec lequel il communique par les *sens*, et retentit à ses appels par des échos multipliés. Cette correspondance va nous expliquer quelques-uns des faits de la *psycho-physiologie humaine* (1).

(1) Consulter sur les rapports du cerveau et de l'âme : E. BECHER, *Gehirn und Seele*, Heidelberg, 1911.

CHAPITRE III

PSYCHO-PHYSIOLOGIE HUMAINE

XVIII. — **Évolution et résistance du corps.** — L'ensemble des fonctions que nous venons d'examiner évolue assez rapidement avec l'*âge*, et c'est entre 25 et 40 ans que la résistance du corps humain est maximum.

Notons, en effet, que le squelette achève son *ossification* et ses principales soudures, il se consolide au voisinage de la 20ᵉ année, pas avant. La *force musculaire* progresse suivant une courbe qui s'élève rapidement dès la 16ᵉ année, pour atteindre son sommet entre 20 et 21 ans. Alors, on peut admettre que l'architecture du corps est suffisamment robuste pour résister aux efforts ordinaires de la vie telle qu'elle se manifeste chez les jeunes gens de cet âge.

La *taille* comme le *poids* ont suivi ce développement, et si l'activité ne s'écarte pas des conditions normales, tous les organes, internes et externes, travaillent sans surmenage. De sorte qu'un *entraînement physiologique* bien compris les met à l'abri des accidents et des germes infectieux. L'évolution de l'organisme se poursuit donc assez vite et en toute sécurité.

A partir de 50 ans, la marche se renverse ; c'est une descente relativement *lente* jusqu'à la soixantaine, quelquefois à peine sensible. Ainsi, de 20 à 60 ans, l'homme développe sa plus grande somme de travail, exerce au mieux toutes ses capacités, pourvu cependant qu'il sache éviter les excès et qu'il ne

présente aucune *tare prédisposante* (tuberculose, syphilis, hérédité alcoolique). — Mais il semble qu'aux environs de la *cinquantaine*, il se produise « comme un vieillissement de tout l'être... Cette crise, qui donne à l'observateur l'impression d'une *crise d'âge*, débute le plus souvent par des troubles digestifs » ([1]). Elle se révèle aussi par une lassitude générale, un affaiblissement de la volonté, un ralentissement de la nutrition.

Cet *âge critique* correspond à une période de quelques mois tout au plus, et ne laisse aucun trouble durable. — L'*enfance* connaît également une période critique, celle de l'*anémie de croissance*, entre 5 et 7 ans ([2]) ; le corps s'allonge et s'amaigrit ; le sang est moins riche, les forces diminuent. Il faut éviter à l'enfant tout excès d'effort, pour permettre aux organes d'évoluer normalement. — L'*adolescence*, qui débute vers la 16ᵉ année, la *jeunesse* qui se prolonge jusqu'à 40 ans, forment l'âge de la puissance, celle du corps et de l'esprit; elles créent les œuvres que l'*âge viril* mûrit et fortifie. — La *femme* termine plus tôt son développement; suivant les climats, elle est *pubère* entre 13 et 15 ans, et sa taille et sa force sont définitives à 19 ans.

Cette force est *moitié moindre* que celle de l'homme, et plus lente dans ses exercices. A 50 ans commence la vieillesse, et c'est la *ménopause :* la cessation de la fonction menstruelle. On peut donc estimer à 40 années pour l'homme, à 30 pour la femme, la période de pleine *activité physique*.

XIX. — **Activité psychique.** — L'activité psychique suit à peu près la même évolution, sauf qu'elle survit à l'autre, et résiste parfois aux effets d'un âge très avancé. L'excitabilité nerveuse est plus grande chez l'enfant que chez l'adulte : c'est l'époque des sensations vives et des excès de mouvement; le système nerveux accuse sa prédominance sur les

(1) Maurice de Fleury, *Tribune médicale*, p. 65 : 1910.
(2) L. Fürst, *Das Kind und seine Pflege...*, Leipzig, 1877 (2ᵉ édit.).

autres systèmes ; on en voit les filaments sous la peau ; les sens sont tendus vers l'éducation ; l'expérience se forme et le moment est propice pour lui imposer une *sélection* et une *direction*. Le travail intellectuel est pour plusieurs années un *travail d'absorption*. Il se transforme à 25 ans — pour la femme à 21 — en *travail de restitution*, lequel peut se révéler, entre 40 et 50 ans, par les plus hautes créations de l'esprit.

La *capacité créatrice*, qui combine et ordonne les sensations, est presque l'apanage de l'homme ; la survivance et le renforcement de ces sensations caractérisent l'autre sexe et le prédisposent à réaliser des œuvres d'*imagination*, de *sentiment*, bien plus que de pensée forte et de volonté. De même s'il s'agit de l'*attention*, qui demande que certaines sensations occupent, de préférence à toutes celles de notre vie, le champ de la conscience, et qui est, par cela seul, tributaire de l'organisation motrice et volontaire du mâle. L'écorce cérébrale, sur laquelle toute la musculature est pour ainsi dire *projetée*, qui remplit donc, chez l'homme, plus complètement des fonctions motrices, doit donner l'explication de ces différences entre sexes, différences où l'on a voulu voir, à tort, la distance d'un niveau intellectuel supérieur à un niveau inférieur.

Möbius (1) a soutenu énergiquement cette thèse de l'*infériorité féminine*, déterminée, à ses yeux, par la faible *masse du cerveau, la vive sensibilité de la femme, et ses instincts très voisins de ceux de l'animal*.

A la vérité, le sexe mâle possède une masse cérébrale *plus grande* que celle de l'autre sexe. On l'évalue à 400 grammes à la naissance, contre 380 grammes (2). L'écolier a une plus grosse tête que l'écolière, même vers l'âge de 11 ans où, généralement, les filles sont plus développées que les garçons (3). Chez l'adulte, le cerveau de l'homme

(1) MÖBIUS, *Ueber den physiol. Schwachsinn des Weibes ;* Halle, 1912.
(2) E. HANDMANN, *Arch. f. Anat. u. Phys.*, *Anat. Abt.*, p. 1 ; 1906.
(3) BEYERTHAL, *Jahrbrt. ü. d. Schülarztliche Tätigkeit an den Hilfsklassen d. Städt. Volkschule in Worms*, Schuljahr, 1904-1905 ; — ROSE, *Arch. f. Rassen u. Gesel. Biol.*, t. II, p. 689 ; — t. III, p. 42 ; 1905-1906.

pèse, en moyenne, 1.370 grammes, celui de la femme 1.223 grammes, et cet écart de 147 grammes subsiste à poids égal du corps [1].

Mais cela ne veut rien dire, car les écarts sont parfois plus accentués entre individus de même sexe, et sont sans relation aucune avec les capacités intellectuelles. Il peut y avoir des trésors de pensée dans une petite tête, et le cerveau le plus pesant n'empêche pas l'imbécillité.

Aussi, malgré les preuves qu'il s'est efforcé de fournir de l'infériorité de la femme, et le ridicule qu'il répand sur « l'effort contre nature du féminisme », Möbius me paraît avoir été victime d'une confusion d'idées. Il n'y a pas, entre l'homme et la femme, une différence de degré intellectuel, de puissance cérébrale, de *quantité d'énergie psychique;* c'est tout simplement une question de *qualité :* les modalités du travail cérébral ne sont pas identiques. Ici, pour la femme, l'ordre sensitif l'emporte; il s'est imposé par l'habitude et l'hérédité. Là — pour l'homme — c'est, au contraire, l'ordre abstrait de la raison et de la pensée; en vertu de cette abstraction même, il s'établit une indépendance relative des fonctions motrices à l'égard des actions extérieures, et c'est ce que traduit le mot *volonté.*

L'évolution de l'esprit s'effectue, par conséquent, sur deux plans très souvent distincts. Et j'accorde, volontiers, que les « féministes » confondent parfois ces deux plans, tout au moins physiologiquement. Mais le « féminisme » trouve sa profonde justification dans les applications sociales, je veux dire dans la vie telle que l'ont faite les usages du monde moderne, les lois et les conditions économiques. — Pour en revenir au cerveau humain, il semble difficile de tirer un enseignement quelconque de son poids, de ses replis, de son architectonique. L'examen de cet organe n'a permis de rien conclure, non plus, quant à la *race;* il a le même poids moyen chez les Australiens, Indiens, Chinois, Japonais et

(1) Félix Marchand, *Biol. Centralblatt*, t. XXII, p. 12; 1902.

Malais que chez les Européens. Celui des nègres est, toutefois, moins massif et moins dense (1). Mais aucun rapport réel entre la quantité et la qualité, entre les facteurs mécaniques et les facteurs psychiques. Les races, comme les individus, comme les deux sexes, ne présentent aucun indice cérébral visible de leur inégalité intellectuelle.

XX. — **La vieillesse.** — L'évolution des fonctions change d'allure pendant la vieillesse, c'est-à-dire à partir de 50 et 60 ans suivant le sexe. Tous les organes tendent alors à s'atrophier; la force, le poids, la taille *diminuent;* le corps peu à peu s'amaigrit et s'anémie (*anémie sénile*). A partir de 70 ans, ces phénomènes s'accélèrent : le squelette devient fragile et moins dense, surtout les os des membres inférieurs (*fragilitas vitrea*), qui perdent une partie des substances calcaires. Celles-ci vont calcifier les organes vasculaires et les rendent moins élastiques : l'*artério-sclérose* se déclare, avec ses suites redoutables; il y a une résistance plus grande à la circulation du sang, déterminant une *hypertrophie du cœur*, ralentissant les échanges nutritifs. Suivant le mot de Cazalis : « on a l'âge de ses artères » (2).

Le jeu des poumons est embarrassé, dépourvu de souplesse, et souvent on constate de l'emphysème. Les respirations ne sont ni fréquentes ni profondes; c'est une vie ralentie. Les languettes du poumon, insinuées entre le cœur et la paroi pectorale, perdent leur élasticité, si bien que le cœur devient solidaire de cette paroi. « Sans qu'il y ait d'adhérences, dit Pierre Delbet, la solidarité cardio-thoracique... cause en quelque sorte une *symphyse* (soudure) fonctionnelle (3). » D'où l'essoufflement qui accompagne les efforts chez la plupart des hommes qui ont dépassé la cinquantaine.

(1) Kohlbrugge, *Zeit. f. Morphol. u. anthrop.*, t. XI, p. 596; — *Verhandl. d. könike. Ak. v. Wetensch. te Amsterdam*, t. XV, p. 1; 1909.

(2) Consulter : Demange, *Étude sur la vieillesse;* Alcan, 1886; — S. Minot, *The Problem of Age, groth and death*, London, 1908; — H. Ribbert, *Der Tod aus alter schwäche*, Bonn, 1908; — E. Metschnikoff, *Essais optimistes*, Paris, 1907.

(3) Pierre Delbet, *C. R.*, t. CLX, p. 402; 29 mars 1915.

Dans l'appareil locomoteur, les *muscles* sont devenus pâles et maigres ; la matière contractile s'est raréfiée, sa structure altérée; elle ne répond plus à sa fonction, surtout que les *articulations* elles-mêmes sont rigides et douloureuses.

Tout le *système nerveux*, à son tour, subit une dépréciation ; la cellule, centre de forces, régulateur d'action, est envahie par un tissu de rebut, sans propriétés énergétiques. Le *cerveau* s'est atrophié, notamment dans le lobe frontal ; c'est ce que Hansemann (¹) a constaté chez l'historien Mommsen (86 ans), le chimiste Bunsen (88), le peintre Menzel (89) ; mais l'atrophie est à peine sensible sur le *cervelet* (²). Il en résulte que si l'*équilibre* du corps est assuré, les mouvements sont cependant plus lents, l'énergie nerveuse entretient mal l'excitation volontaire : de là une sorte de vacillation qui est le *tremblement sénile*, et l'impossibilité de soutenir longtemps un grand effort physique.

Quant à la *cause*, une ou multiple, naturelle ou accidentelle, de la vieillesse, elle a donné naissance à une série de travaux dont la discussion déborderait notre programme (³). D'un mot nous dirons : la vieillesse est une étape — non le terme — des transformations cellulaires, étape qui dure plus ou moins suivant la quantité des produits toxiques de la vie. Tout ce qui diminue cet empoisonnement, surtout la sobriété alimentaire, doit être tenu pour un facteur de *longévité*.

XXI. — **Aptitudes humaines.** — 1° *Aptitudes physiques.* — La forme générale du corps est, géométriquement, la moins encombrante possible pour être celle d'une machine aussi compliquée. Le *tronc* renferme les organes capables d'entretenir le mouvement, et d'alimenter les muscles en énergie. Il est intéressant d'observer, à cet égard, que les *tailles moyennes* sont les plus robustes. Si l'on compare la

(¹) HANSEMANN, *Bibliot. Med.*, Abhandl. II, Anat., fasc. 5.

(²) A. LÉRI, *Le Cerveau sénile;* Lille, 1906 ; — ANGLADE et CALMETTES, *Nouv. Iconogr. de la Salpêtrière*, p. 357 ; 1907.

(³) Consulter A. DASTRE, *La Vie et la Mort*, p. 314; Paris, 1907 ; — MUHLMANN, *Das Alt u. d. Physiol. Tod;* Iéna, 1910 ; — METSCHNIKOFF, *loc. cit.*

taille assise (buste) à la ***taille totale***, on détermine un ***coefficient thoracique de 0,54***. Ce rapport est légèrement inférieur, soit ***0,53***, dans les tailles élevées et chez la plupart des femmes [1]. Au-dessous de 0,52, il est l'indice d'une constitution plutôt faible. L'importance de la taille assise tient au rôle physiologique du thorax, et à la quasi-fixité de ses dimensions. Il renferme l'axe du corps, qui est la colonne vertébrale, à laquelle sont, en quelque sorte, suspendus cœur et poumons. Il est plus développé dans l'homme que dans la femme ; le premier, à raison de sa puissance musculaire, doit avoir une activité respiratoire intense, un grand tirage ; la seconde a une prédominance marquée des fonctions végétatives. — L'homme moyen pèse environ 65 kilogrammes pour une taille totale de 165 centimètres. J'appelle ***coefficient morphologique*** le rapport de ces deux quantités, soit ici : $\frac{65}{165} = 0{,}394$; il ne doit pas descendre au-dessous de ***0,360***, sous peine de compromettre la résistance de l'organisme. Les deux coefficients, thoracique et morphologique, se complètent, et leurs indications sont presque toujours concordantes. Le corps humain est *élargi* à la manière des renflements des colonnes qui s'observent sur les monuments ; le bassin subit, à ce niveau, un véritable renforcement ; la robustesse, selon la sagesse antique, réside dans les « reins ». Mais un développement exagéré des os iliaques gênerait la *marche*, en produisant des rotations. Aussi, les peuples « marcheurs », nomades, ont-ils un bassin relativement étroit, contrairement aux lourds athlètes dont les hanches sont très écartées et bien musclées.

XXII. — Les actions dynamiques (professions, sports) favorisent la croissance ou l'affinement du corps : les « forts des halles », les charretiers, coltineurs, débardeurs, sont souvent massifs ; les danseurs, coureurs, escrimeurs sont sveltes,

[1] Sur ces mesures et leur valeur sociale, voir *Le Moteur humain*, p. 146.

presque maigres. Le port des fardeaux, ou chez les mutilés, celui des membres artificiels, modifie, à la longue, la forme et la puissance des membres : dans la marche, le pied finit par s'aplatir et s'allonger d'une façon permanente; il en est de même de la main dans le maniement d'outils pesants (marteau, pioche, pelle, etc.) ; l'épine dorsale s'incurve sous le fardeau, en sens opposé (cas des paysans, portefaix, quelquefois des fantassins); sous une pression continue, elle éprouve un tassement qui réduit légèrement sa longueur, c'est-à-dire la taille. L'*éducation physique* doit, surtout dans l'enfance, veiller au développement harmonieux de la charpente du corps et en opérer le redressement pour peu qu'elle se déforme. — Le chirurgien orthopédiste aura soin d'ajuster parfaitement l'appareil artificiel et d'éviter les frottements.

Au physique, les proportions des membres conditionnent les aptitudes professionnelles; les membres longs ont des mouvements *amples* mais lents; les membres *courts* dénotent la *vitesse*. Ainsi, le bûcheron, le forgeron, le scieur de long développent d'autant plus de force et d'effet que l'outil est à l'extrémité d'un bras plus long. La forme du corps est, souvent, sous ce rapport, un guide pour le choix d'ouvriers propres à tel ou tel travail ; mais ces indications sont loin d'être absolues, car l'*adaptation* est un facteur de toute importance : l'escrimeur Kirschhoffer fit merveille en dépit de sa petite taille qui le désavantageait et épuisait ses forces.

En général, cependant, les hommes sont organisés et agencés pour travailler d'*une certaine façon*, parce que c'est ainsi que leur travail est le plus économique. Ils pourraient être classés en types, d'après la fonction physiologique qui se remarque le plus chez eux, et semble gouverner toutes les autres. L'un est du type *digestif*, mangeant beaucoup, travaillant lentement mais longuement; s'il a, en outre, des membres bien proportionnés, il devient apte à la course. Les courriers d'Orient, les « rekkas », parcourent de très grandes distances d'un pas rapide et allongé. Pour transporter cons-

tamment de petits fardeaux, de tels sujets sont d'un rendement élevé (*fig.* 13).



FIG. 13. — Type digestif (d'après Thooris).



FIG. 14. — Type musculaire.

Un second type est dit *musculaire* ; il peut mettre en œuvre une puissance considérable, dont la durée n'est jamais bien grande ; mais il arrive aussi que cette musculature soit développée harmonieusement sur un corps tout à fait régulier,

et qu'elle soit d'une expression morphologique parfaite. L'homme est dans ce cas puissant et souple, capable d'une



Fig. 15. — Type respiratoire.



Fig. 16. — Type nerveux ou cérébral.

action continue : le maximum d'énergie dans le minimum de masse. L'athlète accompli fournit ce modèle (*fig.* 14).

Un troisième type, qualifié de *respiratoire*, présente l'avan-

tage de pouvoir soutenir longtemps un effort relativement élevé; la cage thoracique est ici prépondérante, avec un grand développement des épaules (*fig.* 15).

Enfin, il existe certainement un ***type nerveux*** qui, par la vitesse de démarrage de ses muscles, travaille avec économie, est puissant grâce à cette vitesse même et résiste, du fait de sa complexion, aux élancements de la fatigue.

Sigaud, qui a distingué des types humains, spécialement au point de vue de l'évolution morbide [1], s'est attaché au développement de l'appareil nerveux encéphalique; il fait donc ressortir le type cérébral (*fig.* 16), où nous voyons, plutôt, le nerveux à prédominance psychique. Dans les figures 13 et 16, Thooris a groupé les modèles des quatre classes d'hommes qui viennent d'être décrites. Ils sont très expressifs ; encore faut-il ajouter qu'ils sont *choisis*, que, dans la réalité, la moyenne se rapproche de l'un ou des autres, sans caractères bien tranchés, et qu'il convient, pour tout dire, de ne pas négliger les admirables ressources d'*équilibre* et d'*entraînement* dont dispose l'organisme. « L'exercice peut tout », enseignait, il y a vingt-cinq siècles, le philosophe grec Périandre. — Il n'en est pas moins vrai que la distinction des quatre types est physiologiquement très intéressante, car elle indique la fonction organique prédominante et ce qu'elle réclame pour son exercice normal. Donner, par exemple, au *nerveux*, le régime de travail et d'alimentation du digestif, ce serait un contre-sens ; l'homme ne produirait pas tout son effet utile, et sa santé pourrait en souffrir. Les modalités à observer, au point de vue de la culture physique, seront également différentes, et appropriées à chacun de ces états fonctionnels, énergétiques.

XXIII. — **Aptitudes psychiques.** — Considérons, d'autre part, les *qualités psychiques* des individus ; elles sont le reflet de leur état physiologique; on a même simplifié la question

(1) C. Sigaud, *Traité de la digestion*, t. II, Paris, 1908 ; — *La Forme humaine*, t. I, p. 32 ; 1914.

en les attribuant à des structures spéciales du cerveau. Mais il ne reste plus grand'chose de ces spéculations qui ont substitué l'écorce cérébrale aux *bosses craniennes* du fameux phrénologiste Gall (1758-1828). Aujourd'hui, la surface sensitivo-motrice du cerveau a été suffisamment analysée par l'expérimentation physiologique pour que nous puissions tirer de celle-ci quelques enseignements. D'abord celui qui a été formulé déjà (§ XVII), à savoir que les cellules de la couche grise corticale appartiennent à des neurones sensitifs ou moteurs, ou à des neurones d'association; certains rempliraient un rôle d'*inhibition*, et il en est qui, excités du dehors et dans des conditions spéciales — par un son, un choc, une lumière, — *renforcent* la réaction motrice et favorisent les exercices (1). Puis on a vu que l'excitation de l'écorce produit des mouvements ayant un caractère d'ordre et de coordination, tandis que la suppression d'une zone de cette écorce rend impossibles certains de ces mouvements et diverses sensations. Par exemple, un chien, qui est ainsi opéré, pourra marcher et sauter, il ne saura plus tenir un os et le ronger (2).

Cette méthode d'examen a permis de distinguer des *territoires corticaux* et de faire de véritables « localisations cérébrales » (3): celle du *tact*, la plus étendue, couvrant les circonvolutions rolandique, frontale et pariétale ascendante; de l'*audition*, située dans la zone temporale ; de la *vision*, au lobe occipital ; du langage articulé ou *centre de Broca* (1861), contesté trop absolument par Marie, admis par Marinesco, et qui occuperait la troisième circonvolution frontale gauche (4).

L'ablation de l'*écorce pariétale* sur un chien lui retire la faculté de gravir un escalier ou de le descendre, comme aussi

(1) C'est le phénomène de la *Bahnung* ou de l'*accélération nerveuse*, des auteurs allemands (Voir *Le Moteur humain*, p. 343).

(2) Ferrier, *Les Fonctions du cerveau*, Paris, 1878 ; — Rosenfeld, *Die Physiologie d. Grosshirns*, Leipzig, 1913.

(3) J. Demoor, *Les Centres sensitivo-moteurs ;* Bruxelles, 1899 ; — Von Monakow, *Neue Gesichtsp. in d. Frage nach d. Lokal. in Grossgehirn*, Wiesbaden, 1911.

(4) Marie, *Semaine méd.*, mai 1906 ; — Marinesco, *Rev. Gén. Sc.*, p. 826 ; 1910.

de « donner la patte ». Il y avait là une fonction d'association et de coordination des actes élémentaires de l'intelligence. — Toutefois, le *lobe frontal*, qui représente à lui seul le *tiers* de la surface cérébrale, et se limite aux scissures de Rolando et de Sylvius, a plus d'importance. Sa lésion, chez le singe (1) ou l'homme, rend le caractère *impulsif* et *violent;* son rôle modérateur est évident ; avec lui disparaissent les rouages de direction et de *contrôle des réflexes;* moins de neurones sont en jeu, et la conscience s'affaiblit; la durée des réflexes diminue d'environ le quart de sa valeur, faute de ce travail intérieur qui les harmonise (2). Brodmann a d'ailleurs constaté sur le cerveau humain un développement exagéré de la partie inférieure du lobe frontal. On est donc très enclin à y localiser l'*activité psychique* (3). « Ami, frappe ton front, c'est là qu'est le génie », disait le poète. Mais, en vérité, on ne saurait admettre rien de plus qu'une action supérieure de contrôle et de modération de la part des neurones de la région frontale, action qui se développe par l'habitude, créant la force de volonté, le sang-froid, l'apparente insensibilité morale.

Certains auteurs attachent une importance non moins grande aux circonvolutions pariétales parce qu'elles sont développées chez des hommes supérieurs (Kant et Gauss notamment) (4), et parce qu'elles sont réduites chez les hommes peu instruits, les gens très arriérés, les nègres.

Or, cela n'est pas très décisif, attendu que le cerveau de Gauss, par exemple, est à lobe frontal prédominant ; on y a trouvé de fins et abondants replis, dont on voudrait faire les indices du génie mathématique.

Jusqu'ici nous devons déclarer qu'aucun signe certain des

(1) Bianchi, *Brain*, t. XVIII, p. 497 ; 1895.

(2) Fano et Libertini, *Arch. ital. Biol.*, t. XXIV, p. 438 ; — Oddi, *Ib.*, t. XXIV, p. 360 ; 1895.

(3) K. Brodmann, *Vergl. Lokalisations lehre d. Grossh.*, Leipzig, 1909 ; — *Verhandl. d. Anat. Gesellsch.*, avril 1912.

(4) Le premier, philosophe; le second, mathématicien allemands.

dispositions psychiques ne résulte de l'examen du cerveau, encore moins de celui du crâne.

Sur la figure 17 nous avons schématisé, d'après les récentes notions, les localisations cérébrales. Si l'on tient compte du

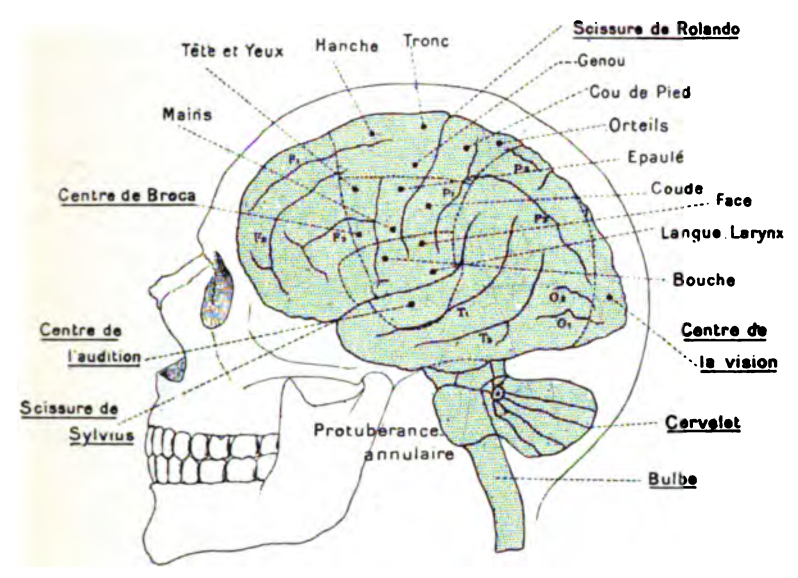


Fig. 17. — Schéma des localisations cérébrales.

fait que les fibres nerveuses de la moelle *s'entre-croisent* au niveau du bulbe, on aura la raison de la correspondance de l'hémisphère cérébral gauche avec la partie droite du corps, et réciproquement.

XXIV. — **Équation personnelle.** — En définitive, c'est dans ses propriétés physiologiques, dans les opérations nerveuses elles-mêmes, que le cerveau doit être étudié.

On sait, à cet égard, que *les réflexes n'ont pas la même rapidité* pour tous les individus humains. Les plus brefs durent 4 à 5 centièmes de seconde ; l'âge modifie, d'ailleurs, cette durée : longue chez le nouveau-né, elle diminue beaucoup chez l'adulte, et à mesure de l'exercice. Au contraire, elle augmente dans certaines lésions des centres nerveux,

principalement de l'écorce cérébrale. On a appelé ***équation personnelle*** le temps qui sépare l'instant où nous percevons une sensation tactile, visuelle, auditive, et l'instant où nous réagissons par un mouvement. Bien des phénomènes s'intercalent entre ces deux moments, qu'il ne nous est pas possible d'analyser en ce court aperçu de la dynamique nerveuse. Disons simplement que l'adulte normal possède une équation personnelle qui a les valeurs suivantes :

Réaction tactile............	14 centièmes de seconde
— auditive..........	15 —
— visuelle...........	19 —

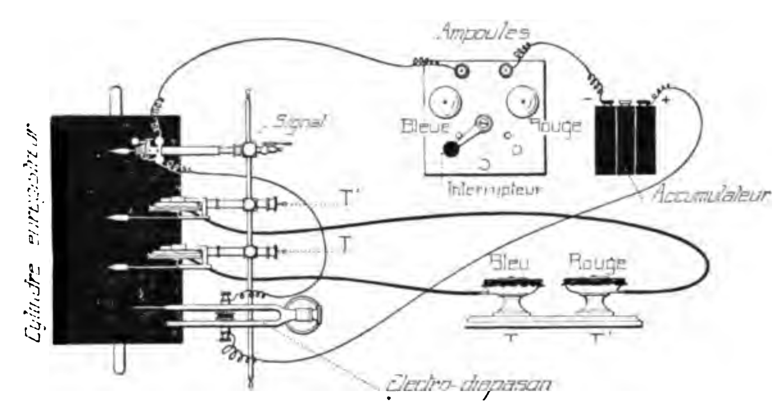


FIG. 18. — Dispositif pour la mesure de l'équation personnelle.

Pour la mesurer, il convient de se servir de l'excitant lumineux : un courant électrique illumine une ampoule, tantôt rouge, tantôt bleue, et déclanche en même temps un *Signal de Desprez* (*fig.* 18). Le sujet perçoit cette sensation, et réagit en appuyant un doigt sur la touche rouge ou bleue qui commande un tambour à transmission. Le temps est inscrit en centièmes de seconde.

L'écart des tracés du signal et du tambour donne la durée de la réaction, comprenant ici un élément de plus : le *choix* entre les deux touches (1).

(1) Voir, pour d'autres dispositifs : *Toulouse et Piéron*, Technique de Psychologie expérimentale, t. II, 2e édit., Paris 1911.

L'observation a clairement enseigné qu'il y a des sujets à équation longue, et d'autres à équation courte, c'est-à-dire qu'ils se distinguent en sujets *lents* et *vites*. C'est là un classement qualificatif important, intrinsèque aux individus, fondé sur leur état réactionnel propre où se confondent les effets de l'hérédité et de l'éducation. L'homme qui a des réactions lentes, des sensations obtuses, ne convient pas aux travaux d'adresse et d'attention ; il ferait, par exemple, un mauvais wattman. Nous verrons plus loin que l'équation personnelle peut se déterminer très simplement (voir § LXVI).

Les *mouvements volontaires*, ordonnés par le cerveau *directement*, sans sollicitation extérieure, sont évidemment plus brefs, leur durée peut s'abaisser à 7 centièmes de seconde.

Quant aux qualités purement *intellectuelles*, elles naissent d'un entraînement cérébral discipliné et méthodique, de l'instruction, s'ajoutant aux influences héréditaires. Elles se révèlent spécialement dans la *droiture d'esprit* et le *jugement*, dans l'*attention*, qui relèvent bien plus de la volonté que de la sensibilité. La pratique des hommes permet d'apprécier, sans grande erreur, le degré d'intelligence et l'équilibre des forces psychiques. Mais il serait à désirer que, dès l'école ou l'atelier, on s'en rendît compte, on constituât une sorte de *fiche psychométrique* sincère et précise. Elle donnerait, plus tard, des renseignements utiles, que l'on compléterait au moyen d'enquêtes discrètes et adroites auprès des amis et des parents eux-mêmes. Car vouloir s'en tenir, dans le choix des personnes, à l'impression qu'on a d'elles en les voyant, en les faisant parler, c'est s'exposer à des erreurs grossières. Très souvent, leur « tête » ne dit rien, et l'objet de la conversation, et les circonstances, sont défavorables à leur mise en relief. En matière de savoir et de conduite, de capacité intellectuelle et physique, l'expérience, longue et méthodique, doit être le seul guide [1].

[1] Consulter sur cette question : Mme Gilbreth, *The Psychology of management*; New-York, 1914 (Editeurs Sturgis et Walton).

On n'oubliera pas, non plus, que les qualités psychiques sont, en majeure partie, *héréditaires*, et se transmettent, comme les troubles physiologiques et la faiblesse mentale, à plusieurs générations. Il en est de même des habitudes intellectuelles *acquises* par le travail. Humphry Davy faisait observer que ce fut la raison pour laquelle Moïse interdit autrefois aux Hébreux les mariages avec les idolâtres [1]. C'est une raison qui n'a rien perdu de sa force, appliquée aux choses de la civilisation et de la culture.

Et tous ces éléments, physiologiques et psychologiques, considérés par groupe isolé, on doit les situer dans la réalité en considérant leurs relations mutuelles, qui sont intimes et profondes et non pas seulement parallèles. Les rapports *psycho-physiques* intéressent le maître, le chef d'usine, le médecin, le législateur.

XXV. — **Rapports psycho-physiques.** — *Le plaisir.* — Nous avons dit que toute impression extérieure est l'origine d'une sensation. Cette sensation peut demeurer latente, neutralisée par d'autres, et plus tard déclancher un réflexe; il n'en est pas moins vrai que l'énergie nerveuse est diminuée ou augmentée au point qui a été affecté.

La sensation peut aussi, ce qui est fréquent, déterminer des *actes émotifs apparents*, de *joie* ou de *douleur* [2]. On a vu des émotions *réfrénées*, et un homme tomber raide mort de chagrin alors que rien ne trahissait sa douleur grandissante. La neutralisation des émotions est du pouvoir de l'écorce cérébrale agissant par l'intermédiaire des couches optiques ou du bulbe (voir *fig.* 12) ; mais elle dépend du bon état des organes digestifs et du cœur, qui sont innervés par ces centres [3]. Et surtout, il ne faut pas douter que les émotions contenues puissent modifier, en plus ou en moins, l'énergie

(1) H. Davy, *Les Derniers jours d'un philosophe*, traduction C. Flammarion ; Paris, 1869.

(2) Voir Bechterew, *Psychologie objective ;* Paris. Alcan, 1914.

(3) Brissaud, *Leçons à la Salpêtrière*, t. I, Paris, 1895; — Bechterew et Mislawsky, *Soc. neurol. et Psych.*, Kazan, 1893.

névro-musculaire. En tout cas, elles révèlent une *volonté* éduquée.

Mais l'absence de signes visibles, de réflexes, est parfois liée à un état de déchéance intellectuelle. Il est nécessaire de bien reconnaître, par une analyse prudente, si l'émotivité est intacte. Mieux vaut, à cet égard, le plus que le moins, car on doit se rappeler que l'intelligence a sa source directe dans la sensibilité.

L'homme qui éprouve une émotion se comporte diversement, suivant qu'elle est gaie ou triste.

Les émotions de plaisir et de joie élèvent la tonicité des muscles volontaires et les disposent au travail; elles ont une influence d'arrêt sur les sensations douloureuses et font, dans une certaine mesure, oublier la fatigue. Observation connue de toute l'antiquité :

Molliter austerum studio fallente laborem (Horace).

La respiration devient plus vive et entretient les forces; le cœur augmente l'amplitude de ses battements et la circulation du sang s'anime à la surface : il y a vaso-dilatation cutanée. Tout ce qui peut contribuer à ces phénomènes de *tonicité* nerveuse et cardiaque doit être recherché : les récompenses, les prix, les concours, les décorations, les avantages moraux ; ils ne répugnent à aucun âge ; c'est affaire de proportion, et nous sommes naturellement portés à la montre. Les jeux et les distractions constituent de véritables tonifiants quand on les emploie sans excès ; il en faut à l'atelier comme à l'école ; une salle ou une cour de récréations est un instrument de bon travail dont le prix est à négliger devant son utilité.

Ce n'est pas seulement la gradation des plaisirs qui mérite l'attention ; c'est aussi leur sélection et appropriation, eu égard à l'âge, au sexe, aux coutumes, au degré d'intelligence.

Les sensations joyeuses font mieux que stimuler l'acti-

vité ; elles favorisent les opérations de la vie : on digère plus facilement ses aliments, les sucs digestifs sont plus abondants et plus efficaces. Et dans le cycle de réparation des organes, on voit la rénovation cellulaire s'effectuer plus vite. Les soldats qui ont fait quelque action d'éclat se rétablissent rapidement de leurs blessures. « Les joyeulx, disait Paré [1], guarissent toujours. »

XXVI. — **La douleur.** — Les phénomènes, dus à la *tristesse* et à la *douleur*, sont absolument contraires des précédents. Ils se caractérisent par un trouble de l'innervation musculaire, une inhibition qui « coupe les bras et les jambes ». La respiration est gênée, dyspnéique ; le cœur a des mouvements de faible amplitude, et la circulation cutanée est rare ; il y a vaso-constriction périphérique.

Les manifestations cardiaques sont très marquées et souvent graves, notamment dans la *colère* et la *peur*. Le chirurgien Desault, sous la Révolution, avait remarqué que les maladies du cœur et les anévrysmes de l'aorte s'étaient multipliés à cette terrible époque. Le nombre des vieillards, morts au cours de la guerre de 1914, a été très élevé. Il doit, en partie, s'expliquer par le récit des horreurs commises, et l'usage inouï des nouvelles armes : aéroplanes et dirigeables, bombes incendiaires, sous-marins, gaz asphyxiants, etc.

La violence de l'émotion excite fortement le bulbe et détermine, soit des *palpitations*, soit une *syncope* avec toutes ses conséquences. Car au bulbe prend naissance un des nerfs les plus importants de l'économie : le *nerf vague* ou *pneumo-gastrique*, dont les rameaux se distribuent à la tête, au cou, au thorax, à l'abdomen. Il arrête le cœur, tout rempli de sang, dans la *phase diastolique*. Par lui, le cerveau est aussitôt frappé dans sa vitalité, la conscience s'évanouit, les organes deviennent insensibles et les muscles se relâchent.

[1] Ambroise Paré, grand chirurgien français, né à Laval (1517-1590 .

La syncope cardiaque se complique ainsi d'une anémie cérébrale et d'une dépression physique.

Étant donné l'importance de la circulation sanguine à travers les tissus, on conçoit que toutes causes qui l'entravent compromettent la vie et l'énergie de l'homme. Du cœur au cerveau la relation est nettement établie, et c'est la plus active, la plus essentielle de l'organisme. Elle intervient dans la colère comme dans le découragement et la peur, pour engendrer les troubles de la locomotion, le désordre des mouvements, et, suivant les cas, une véritable paralysie musculaire des membres; elle retentit par inhibition sur les sécrétions glandulaires et digestives, mais favorise celle des larmes, et accroît le péristaltisme intestinal comme aussi les contractions de la vessie. L'expérimentation a démontré que de telles émotions excitent certainement la zone rolandique de l'écorce cérébrale (1).

On doit faire rentrer l'*ennui* dans la catégorie des sensations pénibles; il diminue la tonicité des muscles, qui se contractent alors moins vivement et sans ampleur, et développent moins de force (2). Il anémie légèrement le cerveau, le rend incapable d'un travail régulier et de bonne qualité, dilate enfin les vaisseaux en produisant une stase sanguine : ce qui se traduit par la tendance au bâillement. Une émotion agréable dissipera aussitôt ces fâcheux phénomènes.

Quant à la *douleur*, elle n'a d'effet sur le cerveau que par sa relation au cœur, car l'organe de la pensée est *indolore* par lui-même : on peut toucher le cerveau, on peut presser le cœur, en découvrant ces organes, il n'y aura perception d'aucune douleur. C'est, encore une fois, tant pis pour la poésie.

Ce qui peut devenir douloureux, ce sont les membranes cérébrales enveloppantes, surtout la *dure-mère;* les sensations désagréables n'atteignent qu'elle et produisent les

(1) Bechterew et Mislawsky, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Suppl., p. 243; 1889; p. 380; 1891; — Bochefontaine, *Arch. de Physiol.*, p. 140 à 172; 1876; — Bechterew, *Die functionen d. Nervencentra*; Iéna, 1908-1911.

(2) W.-C. Lombard, *Journ. of Physiol.*, t. XIII, p. 1; 1892; — Jules Amar, *Le Moteur humain*, p. 294.

maux de tête (1). Mais la douleur psychique pure est œuvre de l'imagination, elle s'avive au foyer de la mémoire et réveille tous les échos du passé. On peut presque dire, avec Richet, qu'elle est « fonction de l'intelligence » (2), car elle s'atténue chez les gens simples et ne persiste pas, « ne veille pas » ; elle est à peu près nulle chez les idiots, les déments, les imbéciles.

Physique ou psychique, la douleur est proportionnelle à notre sensibilité, à la délicatesse de nos sens, à l'intensité de l'excitation ; l'*accoutumance* en atténue les effets. L'enfant, habitué à être roué de coups, l'apprenti ou l'élève qui essuyent constamment grossièretés et injures, n'en éprouvent plus qu'une douleur indifférente. L'élément nerveux, dont l'énergie a été ainsi épuisée, reprend difficilement sa puissance de réaction et d'irritabilité, d'autant plus qu'il aura été *surmené* par de très fortes excitations dolorifiques.

Le champ de la douleur est le plus étendu de tous parce qu'il embrasse toute l'*aire tactile*. Et il est non moins étendu dans le *temps*, car la douleur se survit dans la conscience par une sorte de vibration lente à s'amortir, et la première occasion en augmente de nouveau l'amplitude. Cette survivance fait d'elle un guide vigilant pour fuir le *mal* sous tous ses aspects, pour enseigner et discipliner. « Les émotions douloureuses, écrit Ch. Richet (*loc. cit.*, p. 191), nous émeuvent profondément, restent fixées dans le souvenir, et alors elles dirigent notre conduite. Tout le développement intellectuel, moral et social de l'humanité, est la conséquence de cette émotion douloureuse à laquelle il faut échapper. La connaissance des choses ne nous intéresse que parce que c'est un moyen de mieux combattre la douleur. La froide science n'émeut pas; elle ne dirige pas, elle n'est pas un mobile d'action, tandis que la douleur est le grand mobile de la vie des êtres. »

(1) Lennander, *Mitteilungen aus d. Greuzgeb. d. Med. u. Chir.*, t. X, p. 38 à 104 et 164 à 202 ; t. XIII, p. 303 à 372 ; 1902 et 1904.

(2) Ch. Richet, art. *Douleur, du Dictionn. de Physiol.*, t. V, p. 173.

Il est clair, cependant, que pour être ainsi salutaire, « pour être le premier ressort de nos actions » (Voltaire), la douleur doit respecter l'ordre et l'intégrité de l'économie, ne produire aucun trouble profond, menacer sans nuire irrémédiablement. C'est par là seulement qu'elle est un facteur d'énergie.

XXVII. — **Loi psycho-physique.** — Mais ce qui, dans la sensation, quelle qu'elle soit, tactile, sonore, visuelle, domine notre faculté de perception, c'est la *mesure même de cette sensation*, autrement dit le *rapport* que notre conscience doit établir entre elle et l'excitation qui l'a déterminée.

L'expérience vulgaire nous apprend que telle personne apprécie mieux que telle autre une minime *différence de poids;* mais cette *même différence* peut passer inaperçue quand la valeur des poids augmente.

Édouard Weber avait remarqué que, pour être *nettement perceptible*, la différence entre les deux poids devait en représenter une fraction constante, égale à 1/17 de chacun d'eux (1). Or cela n'est pas exact, la différence n'a pas besoin de croître aussi vite que les poids, autrement dit l'*intensité de la sensation progresse moins rapidement que l'intensité de l'excitation;* la courbe de l'une est toujours au-dessous de celle de l'autre. Ce genre de progression est dit *logarithmique ;* il fut reconnu par Jacques Bernoulli, mieux défini par Laplace (2), à propos du *bien moral* que l'on éprouve lorsque les *biens matériels* viennent à s'augmenter.

Et divers auteurs ont trouvé que c'est, généralement, la relation qui existe entre les sensations et les excitants. Par exemple, d'après Nicati (3), les sensations lumineuses sont dans un rapport logarithmique avec les intensités des sources offertes à la vue.

(1) E. Weber, *Wagner's Handwört.*, t. III, 2e part., p. 481 ; 1846.
(2) Jacques Bernoulli, *Ars Conjectandi*, trad. franç. de Vastel, p. 61 ; Paris, 1801 ; — Laplace, *Œuvres* (éd. officielle), t. VII, p. 441 ; 1820.
(3) Nicati, *la Psychologie naturelle*, p. 165, 225 ; Paris, 1898.

Mais, à la vérité, la *loi psycho-physique* n'est exacte que dans des limites très étroites de l'intensité des excitations, et c'est à tort — un double tort — que Fechner l'appelle « formule de la mesure psychologique » et l'ait laissé appeler : *loi de Fechner* (1) ; car elle est dépourvue de valeur théorique et pratique. « Elle restera, suivant l'appréciation de James, comme un fossile dans l'histoire de la psychologie (2). »

Et cependant, il y a, il doit y avoir une loi de ce genre, mais plus complexe, et dans laquelle figurera le *temps*, vu que la sensation dépend à la fois de l'intensité et de la durée de l'excitation. Par cela même, elle est *perfectible*, de sorte que dans l'expression de cette loi psycho-physique il faut introduire une *constante individuelle*. Nous n'approfondirons pas, dans ce livre élémentaire, un problème de nature mathématique, et particulièrement difficile.

XXVIII. — **Conclusion.** — Et nous concluons que, d'une manière générale, l'âme et le corps ont une évolution qui obéit, pour une part, à des influences *héréditaires* inévitables ; c'est le « naturel qui, chassé, revient au galop » ; mais pour une autre part, elle est tributaire du *milieu*, soit physique, soit *social*, j'entends par là cet ensemble d'idées, de sentiments, d'aspirations plus ou moins confuses, qui travaillent l'humanité. Notre évolution peut ainsi subir des améliorations et tendre à la perfection. Voilà précisément où se trouve la place de l'*éducation*, une éducation méthodique qui adapte ses effets à l'âge et à la constitution de l'individu, qui ne chôme pas, mais qui ne brusque pas, dont les principes soient ceux d'une saine culture et non point du *forçage*. Quoi de plus coupable que de former des doctes et des érudits de 15 ans ! Et quoi de plus criminel que de confier, à des enfants qui n'ont pas *18 ans accomplis*, des travaux pénibles et de longue haleine !

(1) Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Leipzig, 1860,

(2) W. James, *Précis de Psychologie*, trad. française ; Paris, 1909 ; — et *Principles of Psychology*, t. I, p. 549 ; 1901.

La science s'inscrit en faux contre tout ce dérèglement et ces abus qui nous prépareraient, si le législateur n'y prenait sérieusement garde, des races mal conformées, chétives, une humanité rabougrie.

Réalise-t-on, au contraire, par des mesures efficaces, le développement normal de la personne humaine, toutes les aptitudes se manifestent et s'épanouissent, complètement, sainement. Alors, chacun révèle ses capacités spéciales, pour la science spéculative ou pour l'art. L'industrie, qui doit approprier l'homme à la tâche qui lui convient, dans laquelle il fera valoir tous ses mérites, aura vite fait de *sélectionner*. Et ainsi dans toutes les professions, dans les carrières aujourd'hui si nombreuses, un examen judicieux, une enquête loyale et sûre, permettront de répartir le travail social, l'œuvre du progrès éternel, à des compétences reconnues : *The right man in the right place*. Leur classement n'est pas leur subordination ; tout homme qui sait un métier et le fait avec conscience doit en être fier; le travail du manœuvre est solidaire du travail de l'ingénieur. J'irai même jusqu'à prétendre, avec Voltaire, que « celui qui imagina la *navette* l'emporte furieusement sur celui qui imagina les idées innées ».

Et ce serait, enfin, justice d'avoir égard à la *valeur morale ;* elle est un des leviers de la prospérité; c'est, de toutes façons, le meilleur préservatif contre les tentations où peut sombrer l'intelligence. L'idée de *devoir* et de *responsabilité* s'acquiert aisément quand elle est enseignée dès le jeune âge, et représentée par l'exemple domestique. Elle est donc, surtout, un attribut familial et, à la longue, une vertu héréditaire.

La moralité me paraît plus développée dans les couches inférieures de la société; elle le serait davantage si l'on pouvait diminuer la misère. L'homme du peuple possède, plus que l'homme instruit et raffiné, la *franchise* et la *sincérité*, car il ignore l'art de déguiser sa pensée ; il parle et agit *naturellement*, et la nature ne trompe jamais.

L'*égalité morale* des deux sexes ne semble pas douteuse au médecin allemand Möbius, dont on a vu plus haut la thèse sur la supériorité intellectuelle du mâle (*loc. cit.*, p. 60). Je crois avoir combattu fortement cette dernière prétention, mais sur l'autre je dirai, comme le philosophe ancien : « Craignons d'agiter ce problème, ce serait offenser la divinité ».

Veillons seulement à ne pas étouffer, sous les abus et les passe-droits, la fleur de la moralité française. Encourageons de notre mieux ceux qui, à un jugement solide, joignent une honnêteté sans défaillance : ils gardent le trésor de la Civilisation.

CHAPITRE IV

TRAVAIL ET FATIGUE

XXIX. — On a expliqué que la machine humaine se trouve régie, eu égard à la force motrice, par les mêmes lois que les moteurs inanimés ; elle possède dans les cellules un foyer innombrable et silencieux ; elle s'alimente en combustible et en oxygène ; elle tire, de l'énergie chimique des *aliments* absorbés, *chaleur* et *travail ;* elle arme les muscles et les prépare à *se contracter*, partant à actionner les outils que représentent les membres robustes de l'ouvrier, adroits de l'artiste, agiles du typographe, de l'écrivain, du pianiste, de la couturière.

Voilà donc la force disponible. Comment agit-elle ? Et comment la mesurer, la discipliner, l'utiliser avec soin et économie ? — C'est ce que nous allons examiner brièvement.

A. Le travail musculaire. — Si nous n'avions pas, dans la grandeur des échanges respiratoires, l'expression réelle de *toute l'activité musculaire*, nous ne pourrions nous en faire qu'une idée approchée, car les efforts statiques ne constituent pas un travail, ne se mesurent pas, et cependant ils affectent la résistance de l'organisme, ils nous fatiguent. C'est déjà se fatiguer que de rester *debout*, toute une journée, même sans faire un *pas*, à surveiller un chantier.

Cette forme d'activité est la moins utile. Généralement, il

y a *mouvement*, marche, course, *travail* [1] sur des instruments divers, et dépense de force à la fois *physique* et *intellectuelle*.

Nos membres, notre corps se déplacent, mus par l'action musculaire. Quand un membre s'éloigne du corps, il est dit en *abduction*, et en *adduction* quand il s'en rapproche. Sa position ventrale (avant-bras tendu, la paume de la main regardant le sol) représente le mouvement de *pronation ;* la position inverse, dorsale, c'est la *supination*.

En outre de la variété de ses positions, un même membre fait intervenir, suivant les cas, des muscles différents, qui ajoutent et harmonisent leurs effets. On se figure, par exemple, que les muscles du bras actionnent l'avant-bras. Mais ceux de l'épaule y contribuent plus effectivement, les autres agissant sur le coude quand on veut un effort de simple traction par les mains. L'articulation très mobile du poignet ne subit presque pas d'effort ; elle est d'ailleurs très délicate et convient aux exercices de vitesse bien plus qu'à ceux de force.

A l'action des muscles qui produisent le mouvement s'ajoute celle de leurs *antagonistes*, comme pour les *fléchisseurs* et les *extenseurs ;* et c'est à une combinaison d'efforts musculaires que l'on doit de pouvoir déplacer un membre dans une direction et avec une vitesse voulues. Il ne serait donc pas suffisant, pour apprécier le travail musculaire dans la flexion de l'avant-bras, de connaître la force du biceps et la grandeur du déplacement ; il faut aussi connaître le travail du triceps, son antagoniste. La musculature joue, comme on sait, sous l'empire d'excitations nerveuses coordonées, chaque groupe de muscles agissant *synergiquement*. — Veut-on lever les bras ? — C'est aux abducteurs, adducteurs et releveurs à intervenir, les premiers aidant à porter les bras en avant ou en arrière. — Veut-on *abaisser* les mêmes membres ? — C'est alors aux

[1] On sait que le travail s'exprime par l'effort, que multiplie le chemin parcouru. Ainsi, quand on fait monter de l'eau du fond d'un puits, les termes du *travail* sont : l'*effort* exercé sur la corde, et la *profondeur* du puits.

muscles abaisseurs à agir, non point comme antagonistes des releveurs, mais comme *modérateurs* du mouvement de chute. Le *biceps brachial* n'est pas, d'autre part, exclusivement fléchisseur; c'est également un supinateur : on en sent le gonflement quand on tourne une grosse clef.

Le *droit antérieur* (voir *fig.* 11) n'est pas seulement extenseur de la jambe : c'est aussi un fléchisseur et releveur de la cuisse, et il sert à maintenir l'équilibre des hanches.

Les modalités de l'action musculaire sont nombreuses et influent sur le *degré de fatigue ;* il faut savoir l'approprier à l'effet strictement utile, avec la plus petite dépense d'énergie; il faut éviter les contractions superflues, les mouvements dans lesquels une partie de l'effort se trouve gaspillée ou stérilisée. Cette économie est précieuse dans la *prothèse pour amputés.*

Les *sports*, la boxe et l'escrime notamment, sont logés à la même enseigne que les travaux de l'industrie ; mais ils ont su bien mieux éliminer les *mouvements inutiles.* Les bons athlètes les évitent avec soin, parce qu'il y va de leur réputation et parfois de leur vie. L'*éducation physique* doit employer les mêmes moyens d'épargne pour la discipline et la santé.

L'usage éduque l'activité des muscles et lui donne une régularité parfaite; l'*automatisme,* grâce aux réflexes médullaires, se saisit de nos mouvements, et une sorte d'*instinct dynamique* finit par imposer à notre machine ses lois souveraines.

XXX. — **Mesure de l'action musculaire.** — L'évaluation directe de toutes ces forces est chose intéressante. D'abord, elle renseigne sur la difficulté de telle ou telle manœuvre, et sur la possibilité de la faire exécuter par des femmes ou des enfants, ou encore par des invalides, des mutilés, des accidentés du travail. Elle est également nécessaire pour apprécier les progrès de l'*éducation physique,* la restauration de la puissance musculaire, et enfin pour com-

parer le travail effectué à l'énergie qu'il a fallu y consacrer, ce qui indiquera les bons et les mauvais *rendements*.

Nous obtenons cette mesure des forces par les *procédés graphiques*, l'enregistrement direct, d'après les règles formulées, il y a cinquante ans, par le célèbre physiologiste français Marey (1830-1904).

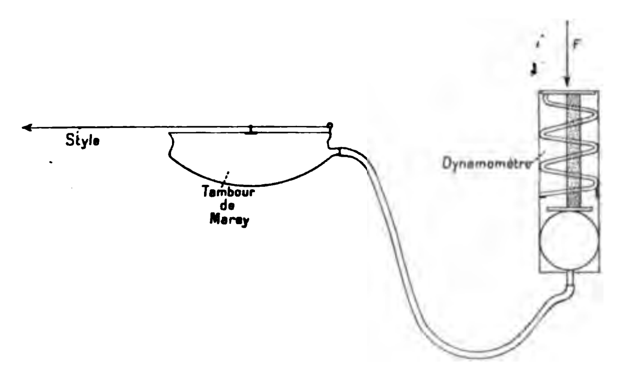


FIG. 19. — Schéma d'un dynamographe.

On fera agir les muscles sur des ressorts qui se déforment légèrement dans les conditions de l'expérience, et chacun de ces ressorts, terminé par un disque, viendra comprimer une petite poire de caoutchouc. On réunit celle-ci, au moyen d'un tube souple, à une petite cuvette métallique formée par une membrane également en caoutchouc et constituant ce que l'on appelle un *tambour de Marey* (*fig.* 19). Une compression d'un côté produira une chasse d'air dans le tambour et soulèvera le levier inscripteur ou *style* qui se trouve lié à la membrane. En disposant le style devant un *cylindre enregistreur*, comme celui des baromètres, on aura le tracé des efforts musculaires, amplifié au degré voulu (*fig.* 20).

Je me suis astreint, précisément, à combiner des mécanismes dynamographiques s'adaptant à tous les outils, et qui me donnent, en toutes circonstances, des tracés nets et fidèles.

S'agit-il, par exemple, d'analyser les efforts F et F′ d'un

ouvrier limeur dans le travail du laiton ou de l'acier, au moyen des grosses limes ? — On munit l'outil de méca -

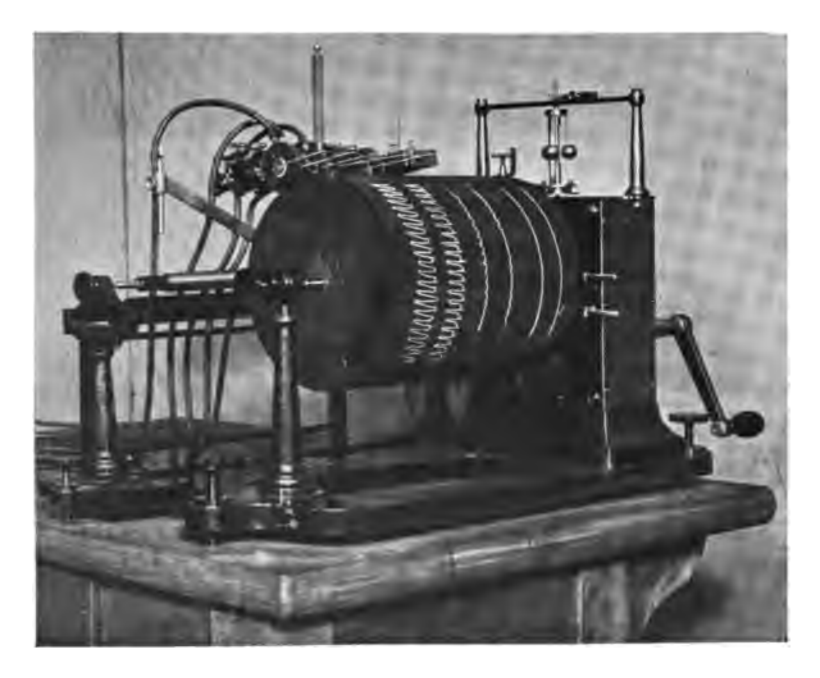


Fig. 20. — Cylindre enregistreur et tambours inscripteurs de Marey. (Dispositif du travail à la lime.)

nismes convenables, aux points mêmes où les bras le saisissent, et on les met en rapport avec des tambours de Marey

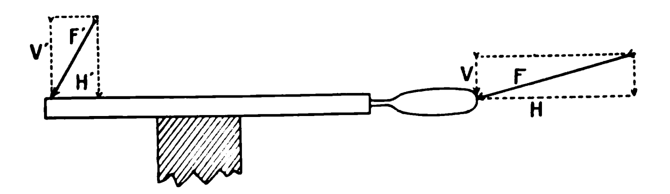


Fig. 21. — Décomposition des efforts dans le travail à la lime.

montés sur un *chariot*. On peut donc enregistrer toutes les forces en action et toutes les *composantes* de ces forces. Il

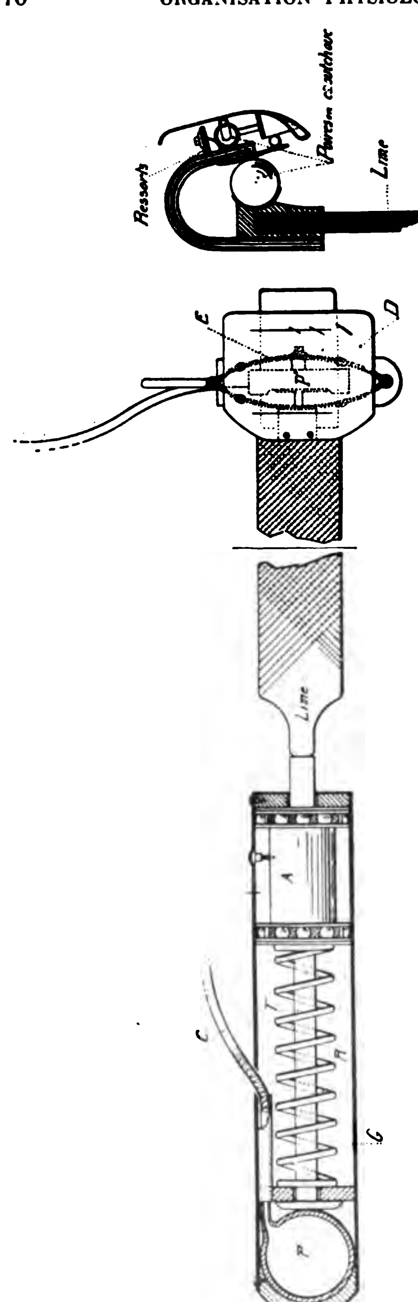


Fig. 22. — Lime dynamographique.

est facile de voir que les composantes verticales V et V′ s'ajoutent pour presser sur la lime et la faire mordre, tandis que les efforts horizontaux H et H′ déterminent le glissement, et par conséquent le *travail utile* (*fig*. 21).

La figure 22 montre les transformations que la lime doit subir pour devenir dynamographique ; on y ajoute un support spécial pour mesurer la pression exercée sur le bloc de métal.

La lime est munie à son extrémité libre, en D, de ressorts qui compriment chacun une poire et donnent la poussée et la pression de la main gauche ; d'autre part, le manche comporte intérieurement un ressort à boudin R et une poire P qui fournissent la poussée de la main droite. Pour le détail des calculs, nous renverrons à notre ou-

vrage (*loc. cit.*, p. 528-552) où sont indiquées de nombreuses transformations d'outils en vue de les rendre inscripteurs (pelle, marteau, sécateur, brouette, etc.). Toutefois, nous décrirons encore ici la *varlope inscrivante* et la *pelle*. La force du bras, agissant sur le manche de la varlope (*fig.* 23), se décompose en l'effort horizontal qui transporte l'instrument, et l'effort vertical de pression sur la planche à raboter. On mesure, par l'office d'organes en caoutchouc disposés convenablement, cette dernière pression et la force totale exercée sur le manche; on en déduit la composante

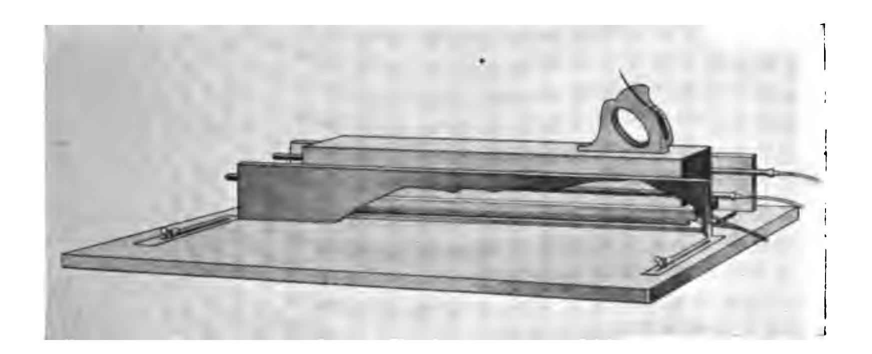


FIG. 23. — Varlope inscrivante.

horizontale, qui mesure, en l'espèce, la résistance du bois au fer de la varlope. D'autre part, la planche est placée entre deux barres parallèles qui peuvent être écartées ou rapprochées à volonté. Sur chaque barre est fixé, tout du long, un tube en caoutchouc très souple, que le moindre contact de la varlope déforme. En réunissant ces tubes à des tambours de Marey, on a l'inscription des *chocs* résultant des mouvements maladroits pendant le travail.

Enfin, les mécanismes qui rendent une *pelle* dynamographique, soit dans les travaux de terrassements, soit dans ceux de la culture, sont évidents sur la figure 24 ; ils enregistrent la poussée totale ou résistance de la terre, et les efforts des mains pour enlever la pelletée.

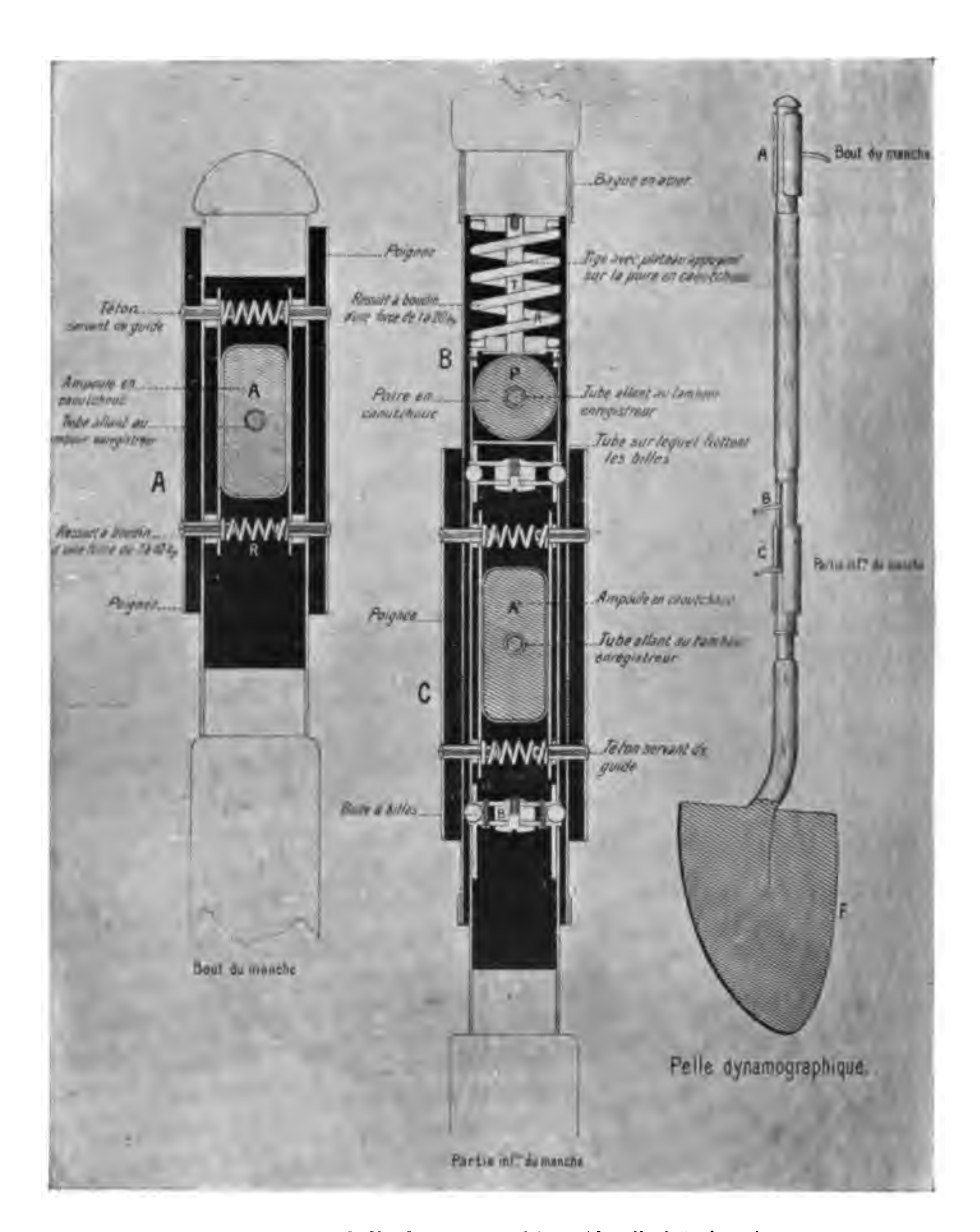


FIG. 24. — Pelle dynamographique (détails intérieurs).

XXXI. — Mesure de la vitesse. — Quant à la *vitesse des mouvements volontaires*, il est possible de l'enregistrer simultanément aux efforts, en utilisant un *chronographe* rapide donnant les fractions de seconde. Il est rare que même avec les doigts, qui sont les plus vites, on effectue plus de sept

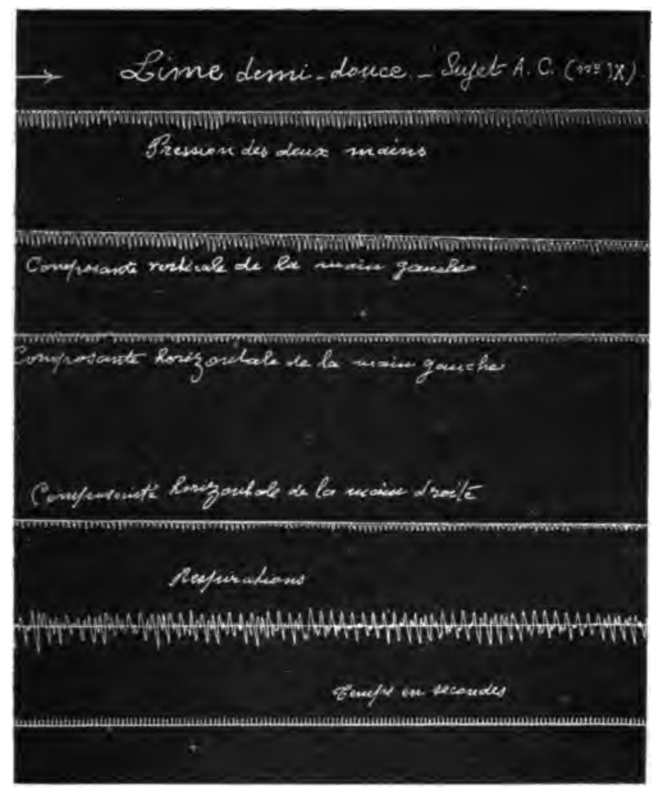


Fig. 25. — Graphique du travail d'un bon ouvrier limeur.

mouvements par seconde. — Pour une vitesse déterminée, on s'assure, à la varlope inscrivante, de la *régularité*, de la rectitude des mouvements ; le nombre de *chocs* fournis sur le tracé, à droite ou à gauche, renseignera sur les défauts à corriger.

On pourrait également se servir du *cinématographe* et recueillir, sur un film, à une vitesse connue, les différentes

positions de l'outil. Ce dernier procédé révèle aussi toutes les attitudes du corps pendant le travail, et permet d'en reconnaître les défectuosités. On peut, enfin, à l'exemple de Gilbreth, fixer une petite lampe à incandescence sur la main de l'ouvrier, et relever, par la photographie, le cycle de ses mouvements. Le *cyclographe* présente, sinon de l'originalité, du moins certains avantages qu'il n'est pas possible ici de développer [1].

Sur le graphique d'ensemble, on lira donc la succession et l'intensité des efforts musculaires, leur vitesse, leur plus ou moins grande régularité avec une clarté et une fidélité incomparables. On y recueille aussi les efforts de la respiration (*fig.* 25). La vie active du travailleur met, en quelque sorte, sur le papier du graphique, une empreinte indélébile, *la marque personnelle.*

XXXII. — B. La dépense d'énergie. — Au travail ainsi produit par l'homme, et graphiquement mesuré, correspond une *dépense d'énergie* prélevée sur les réserves de l'organisme. Non point sur les aliments qui viennent d'être absorbés, mais sur ceux que la cellule a eu le temps d'*élaborer*, de fixer, de mettre dans cet état particulier qui leur permet de s'oxyder facilement et de produire de l'énergie.

La dépense est proportionnelle à l'activité des muscles, à l'ensemble synergique de leurs contractions, intensité, vitesse, durée, tout étant compris dans cette activité, qui s'étend aussi bien à l'élément nerveux qu'à l'élément musculaire. Et c'est tout cela qui détermine la *fatigue*, qui règle la consommation d'oxygène respiré, ajoutant une quantité nouvelle à celle que nous absorbons déjà pendant le *repos*. L'énergie totale de l'homme actif est donc une somme où l'un des termes, celui du repos, ne varie presque pas à température extérieure constante, l'autre terme augmentant en proportion de l'activité musculaire.

[1] Voir la *Revue de Métallurgie*, p. 203 ; avril 1915 ; — *Revue générale des Sciences*, p. 173 ; 1916.

Sans entrer dans de longs détails sur le mesurage des volumes d'oxygène consommé, voici, à la lumière d'un exemple, le principe de notre technique : le sujet respire par



Fig. 26. — Échantillonneur respiratoire.

la bouche — ce qui est commode en cas de grande fatigue — et le nez se trouve serré par une petite pince en bois ayant les mors feutrés. Une *soupape à double valve* se tient, par une embouchure en caoutchouc, entre les lèvres et les dents ;

l'air extérieur est aspiré d'un côté; il est rejeté, par l'autre ouverture, à travers une petite cloche C et un compteur à gaz G (*fig.* 26). La cloche est réunie, au moyen d'un tube de caoutchouc étroit, à un système de réservoirs de mercure R et R′. Suivant que R se vide dans R′ ou *vice versa*, une dérivation sur le gaz expiré se trouve réalisée, ou bien l'échantillon renfermé en R est envoyé dans un *eudiomètre* pour l'analyser.

On a donc le débit total de la respiration, ou *ventilation pulmonaire*, durant l'expérience, et en outre la composition de l'air expiré.

Normalement, l'atmosphère qui nous entoure contient 21 0/0 d'oxygène, en volume. Comme il y en a *moins* dans les gaz expirés, la différence représente la consommation de l'organisme [1].

Tel est, décrit sommairement, l'échantillonneur respiratoire pour l'évaluation de l'énergie dépensée. Il se monte sur une table à roues caoutchoutées, qui roule sans trépidations, suit le sujet dans tous ses déplacements, et sert à l'étude de la locomotion normale ou pathologique, des exercices physiques, du travail professionnel.

Le port de la soupape buccale est aisé, sans aucune gêne pour la personne, quelle que soit la durée de l'expérience.

Connaissant le volume total d'oxygène utilisé par l'organisme, on l'évalue en calories, comme il a été dit, à raison de 4,90 calories par litre. On obtient l'expression de l'énergie développée par la combustion vitale.

La distribution de cette énergie est multiple. Elle entretient les activités physiologiques profondes : mouvement et nutrition des appareils circulatoire, respiratoire, digestif. — Elle maintient à un niveau constant la température du corps,

(1) Ainsi, on trouverait à l'eudiomètre 17 0/0 au lieu de 21 0/0, soit une différence de 4 0/0, et le débit total étant de 150 litres, le produit $\frac{150 \times 4}{100}$ donnerait la consommation totale d'oxygène, soit 6 litres.

en compensant les pertes qu'il subit au contact de l'air et par rayonnement. Elle assure enfin le travail si intense des muscles et celui, moins onéreux, des tissus nerveux. Tandis que la dépense au repos atteint *2.100* calories en moyenne en 24 heures, pour un adulte, le froid l'augmente : elle est de 3.500 calories par un hiver de 3 à 2°. En été, par 25 à 30°, elle tombe aux environs de 1.800 calories.

Si l'on compte que le plus grand travail journalier consomme de 2.000 à 2.500 calories, à ajouter aux précédentes, on arrive à un total de 4.000 calories en été — que la chaleur empêche souvent d'atteindre, par diminution de l'énergie des muscles — et à 5 à 6.000 calories pour la *ration de travail* durant l'hiver.

L'alimentation suffit à ces diverses dépenses. Mais, chose remarquable, si toute substance capable de brûler convient à un moteur thermique, il n'en est plus de même dans l'organisme vivant, car il n'est pas indifférent à la qualité de son combustible. *L'aliment par lui utilisable est toute substance qu'il peut élaborer pour la mettre en réserve dans ses cellules.* C'est la seule provision qu'il exploite immédiatement et sans déchets, celle qui peut assurer *sans trêve* son entretien. La *dépense d'énergie est continue*, puisque toute interruption serait l'indice de la mort. *La vie est donc l'énergie.*

XXXIII. — C. La fatigue. — Le point de vue physiologique offre encore, sur tout autre, l'inappréciable avantage de déceler les effets de la fatigue, de la très grande fatigue, et de fournir les moyens d'éviter qu'elle franchisse les bornes normales. L'*éducation physique*, sans cela, serait un contresens ; elle conduirait au surmenage, ou ne remplirait pas son but. Il faut ajouter que les troubles organiques, les défaillances des centres nerveux sont devenus plus fréquents par l'effet d'une guerre terrible, comme jamais les hommes n'en ont connue. Le déficit de l'activité cardiaque est particulièrement à surveiller chez les anciens blessés militaires et les

mutilés. La recherche des indices de fatigue est donc une chose capitale.

La fatigue est la résultante de phénomènes musculaires et nerveux qui produisent un malaise grandissant, et avant tout une *sensation d'impuissance*. Cette sensation passe par tous les degrés, depuis la simple lassitude jusqu'à la douleur la plus vive, et persiste un temps variable. Elle provient de sources d'excitations différentes : des fibres nerveuses qui se terminent, on l'a dit déjà, dans les muscles et les tendons, et aux surfaces articulaires, dans les enveloppes des viscères où Lennander a situé l'origine de la douleur organique ; par là elle prend un caractère général, et finit par embrasser toute l'étendue du corps. Car, au fond, la fatigue est une *intoxication :* si le cerveau, si les muscles fonctionnent d'une façon désordonnée, par suite d'efforts excessifs, ou d'une vitesse d'exercice trop grande, le sang ne parvient pas à suffire à sa tâche d'épuration. Les déchets de cette activité cellulaire intense s'accumulent ; le sang, chargé de produits toxiques, produit la fatigue chez tout animal dans les veines duquel il est injecté. Il agit d'abord à la périphérie où sont les fibres sensitives, de sorte que c'est sur les organes musculaires que retentit la fatigue, alors même que le cerveau seul a travaillé. Singulier paradoxe que de prétendre, à l'exemple de certains pédagogues, délasser l'esprit par la fatigue du corps ! C'est avouer n'avoir jamais mis à l'épreuve ni l'un ni l'autre.

D'autre part, il est essentiel de distinguer *fatigue* et *douleur*, celle-ci pouvant être parfois tout à fait *accidentelle*, et le résultat d'un effort exagéré ou maladroit, d'une attitude défectueuse, d'un état pathologique ; dans ces divers cas elle est d'ailleurs circonscrite au membre ou à l'organe affectés ; elle n'envahit pas toute l'économie. Pas plus dans l'organisation de l'éducation physique que dans celle du travail professionnel, il ne doit y avoir de place pour cette sensation : ce serait un vice de méthode.

La recherche des *signes de fatigue* demande à être pour-

suivie dans toutes les fonctions de la vie. Une telle étude est à peine commencée aujourd'hui (1). Examinons les faits.

XXXIV. — 1° *Circulation du sang.* — Ce n'est pas ici que l'on pourra formuler en détail la technique des observations.



Fig. 27. — Prise d'un tracé du pouls pendant un exercice de fatigue.

Indiquons simplement que la personne expérimentée s'entraîne sur le *cycle ergométrique* dont on parlera plus loin. Elle agit sur les pédales par la contraction des jambes, ou sur la manivelle en contractant les bras (*fig.* 27).

On enregistre sur elle, à la fois les *battements du cœur* et *du pouls*, et on mesure la *pression artérielle ;* les premiers, en faisant usage du *cardiographe* et du *sphygmographe* de Ma-

(1) A. Mosso, *La Fatigue* (trad. franç. de Langlois; 1894); — Jules Amar, *Observations sur la fatigue professionnelle* (*Journal de Physiologie*, p. 178 à 202; 1914).

rey [1], la seconde au moyen de l'*oscillomètre de Pachon*, qui donne successivement les pressions *systolique* et *diastolique*, c'est-à-dire la plus forte et la plus faible. — Je conseille, toutefois, de se contenter du tracé que donne le *cardiographe :* cet instrument, appliqué selon la figure 28, demeure

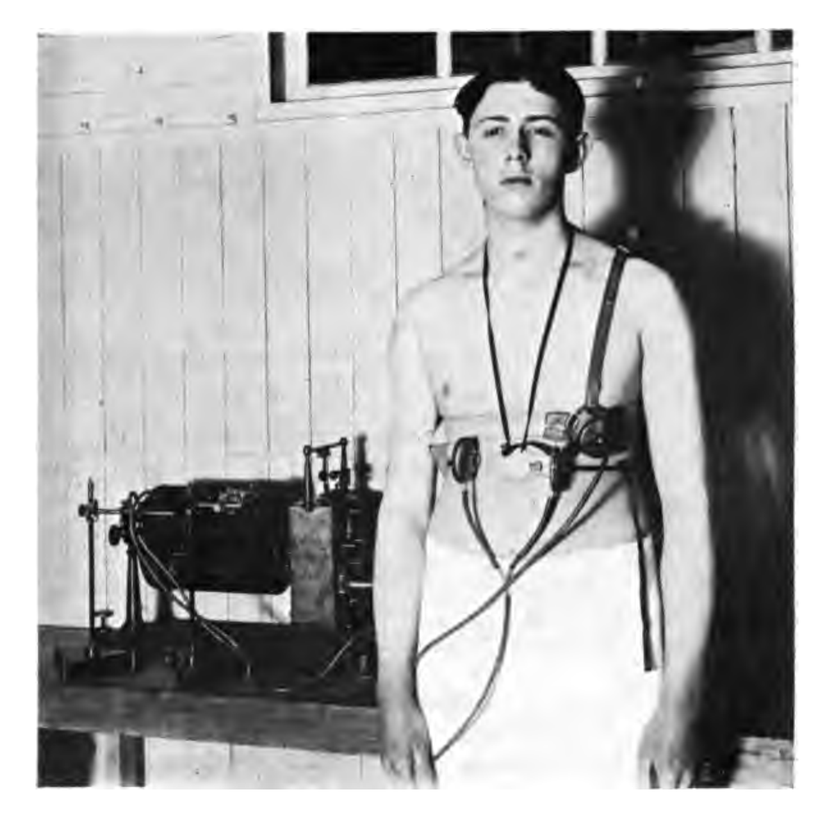


FIG. 28. — Cardiographe et pneumographe en place.

en place pendant les exercices, et ses indications sont assez fidèles.

Les résultats des expériences sont intéressants. Au fur et à mesure que les muscles travaillent, en régime régulier,

(1) La description des instruments et la technique sont détaillées dans *Le Moteur humain*, livre V.

normal, la fréquence des pulsations va en augmentant ; mais, pourvu que *deux heures de travail* tout au plus soient suivies d'*un quart d'heure de repos*, la fréquence moyenne ne dépasse pas *120 pulsations* par minute, de 70 environ qu'elle est au repos ; elle tend à demeurer constante. — La vitesse du travail vient-elle, au contraire, à sortir des limites normales, les battements se précipitent et atteignent rapidement à 120, 140 et même 160 par minute. Cette dernière circonstance est des plus fâcheuses ; elle est heureusement assez rare, sauf dans l'athlétisme (courses).

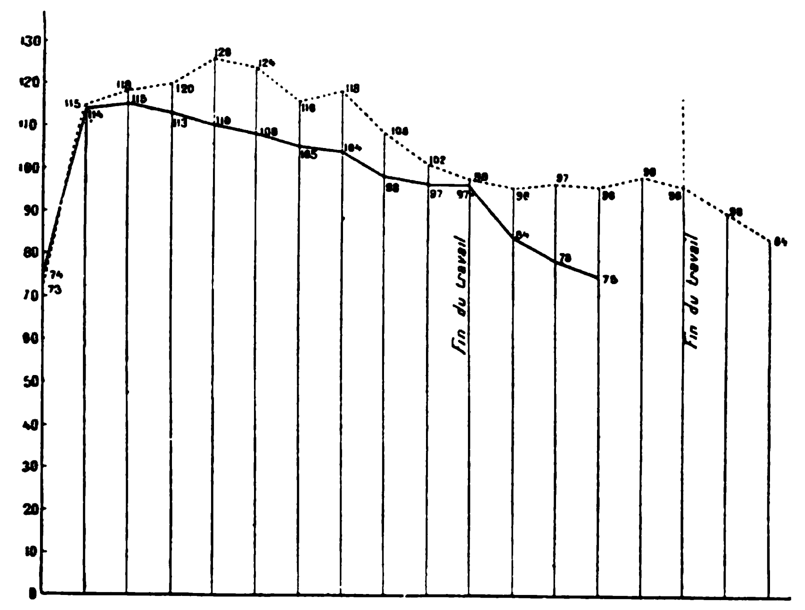


Fig. 29. — Rythme du cœur suivant le travail (fatigue).

Mais alors même que le nombre des pulsations, sous l'effet d'une grande vitesse alliée à un effort modéré, s'élève à 120 seulement, la prolongation de la durée du travail fatigue l'appareil circulatoire. Cette fatigue se traduit par un *fléchissement régulier* de la fréquence, qui finit par s'abaisser à 100 et parfois à 96. Le cœur n'est plus à même de suivre l'allure du travail et d'assurer les besoins de l'organisme. La

solidarité physiologique est troublée, sinon rompue (*fig.* 29). Dès que l'observateur a constaté cette discordance entre les fonctions musculaire et cardiaque, il doit faire cesser tout exercice, ou en modérer considérablement la vitesse.

Les courbes cardiographiques renseignent, pour le rythme, tout autant que celles du pouls. On constate, en outre, que l'amplitude, c'est-à-dire la *force des battements augmente*, et

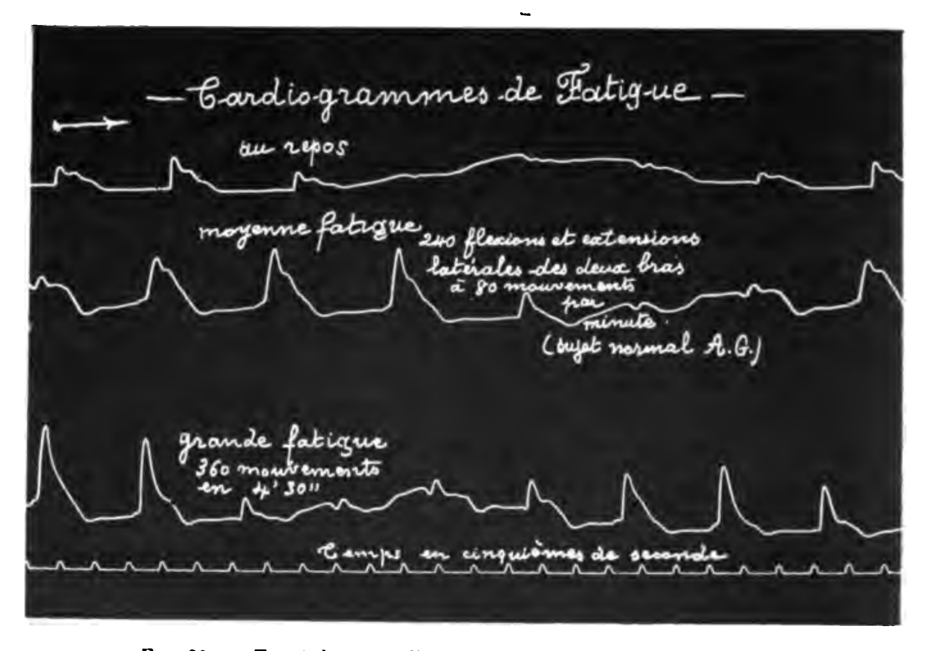


Fig. 30. — Tracé du cœur d'un jeune gymnaste (repos et fatigue).

le cœur subit un léger et momentané accroissement de volume. Ce dernier fait a été observé en fatiguant le sujet par une marche sur trottoir roulant, et en soumettant la cage thoracique à l'examen radioscopique [1].

Le rapport $\frac{\text{diastole}}{\text{systole}}$ est voisin de 2, même de 1,50 ; la contraction des oreillettes s'accentue, l'*ondulation de droite* du

[1] Zuntz et Nicolai, *Berl. Klin. Wochensch.*, n° 18, 1914.

plateau systolique descend vers le tiers inférieur de la hauteur de la courbe. L'aspect de ce tracé de fatigue est *caractéristique* (*fig.* 30), il dénote une décontraction brusque des ventricules, une absence d'effort cardiaque soutenu. En pressant le tracé, on observe une sorte de *périodicité* des systoles, dont le type est frappant (*fig.* 31). Il n'y a donc pas lieu de nous attarder à sa description ni, surtout, à son interprétation.

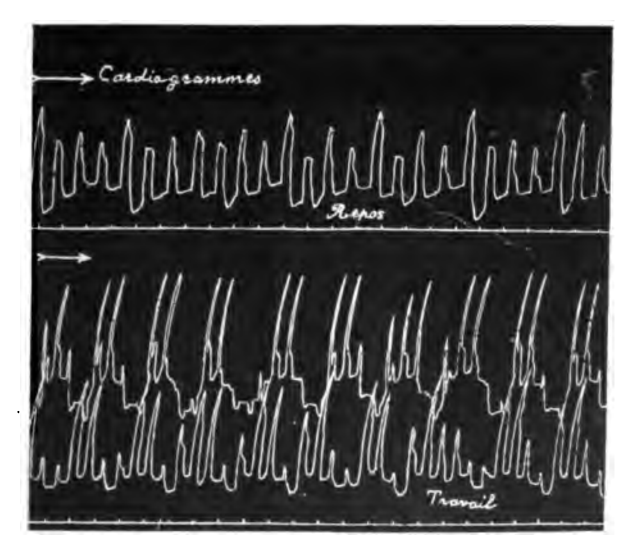


Fig. 31. — Cardiogrammes de repos et de très grande fatigue (sujet normal).

Quant à la *pression artérielle*, de 15 à 16 centimètres au repos, elle atteint parfois 33 centimètres, et fléchit également à l'extrême fatigue. Dans ces conditions d'activité moyenne, où le cœur ne cesse pas d'être régulier, la pression systolique varie peu et oscille autour de la valeur 25.

On voit à quels indices se reconnaît le travail normal, qui n'expose pas au surmenage : les mouvements du cœur doivent avoir une fréquence de 115 à 120, et les cardiogrammes un semblant de plateau systolique, à ondulation légèrement abaissée ; la tension artérielle la plus forte sera de 25 centimètres. Aussi bien, les exercices athlétiques, qui surmènent souvent

le muscle cardiaque, rendent-ils son examen préalable absolument nécessaire. La force et le débit de l'ondée sanguine, non moins que son renouvellement suffisant, sont indispensables à la vie intense des athlètes, comme dans tous les travaux pénibles des ouvriers.

XXXV. — 2° *Respiration.* — La fatigue retentit peut-être plus vivement encore sur la fonction respiratoire. Outre qu'elles deviennent très fréquentes, les respirations cessent d'être régulières; elles sont dyspnéiques, saccadées. —

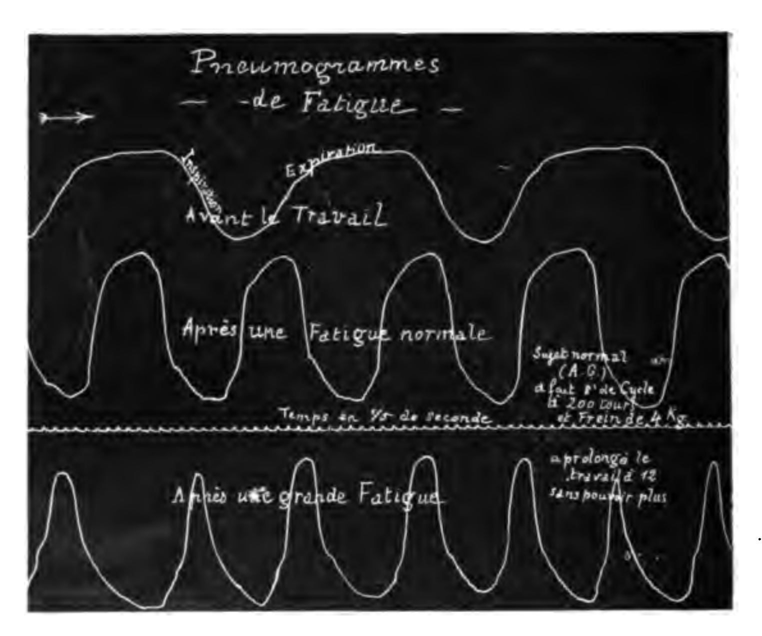


Fig. 32. — Tracés respiratoires pris au pneumographe.
(Sujet normal s'entrainant sur le cycle.)

L'enregistrement des respirations peut se faire au moyen du *pneumographe double* appliqué, par un ruban périthoracique, sur la poitrine, ou mieux sur le dos, pour ne pas embarrasser le travail (voir la *fig.* 28 ci-dessus).

Les graphiques expriment les variations d'amplitude et de rythme du thorax avec ses muscles plus ou moins contrac-

tés (*fig.* 32). — Mais on peut placer une ***dérivation sur la soupape buccale*** comme le montre la figure 33, et enregistrer les mouvements de l'air dans les poumons, les *tonogrammes* (*fig.* 34), c'est-à-dire les variations de *pression* (en grec τόνος :



Fig. 33. — Soupape respiratoire en dérivation pour tracés tonographiques, et usage du pneumographe (jeune athlète de 18 ans, A. G.).

pression). A cet effet, on ferme la soupape au moyen d'un bouchon traversé par une petite canule qui reçoit le tube de caoutchouc d'un tambour inscripteur — Les *pneumogrammes* et les *tonogrammes* se complètent dans l'analyse de la fonction respiratoire, ces derniers étant plus fidèles

et plus significatifs de l'état réel des cavités pulmonaires. Tous deux traduisent les troubles qui pourraient siéger



Fig. 34. — Tracés tonographiques pris à la soupape.

dans les poumons, ou encore dans le système musculaire qui en détermine le fonctionnement (*fig.* 35 et 36).

On sait que, dans le repos, l'expiration E a une durée au moins *double* de celle de l'inspiration I. Le rapport $\frac{E}{I}$ va en

diminuant avec la fatigue, tandis que les respirations deviennent de plus en plus profondes. A un certain moment, ce rapport $\frac{E}{I}$ faiblit beaucoup, la ventilation cesse d'être ample et d'avoir un grand débit. Le volume d'air expiré

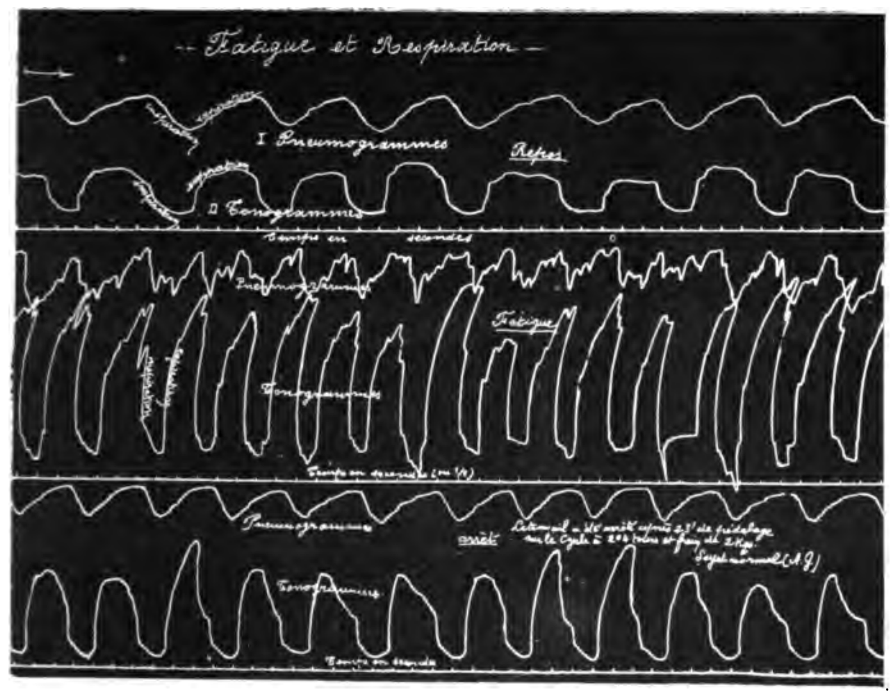


Fig. 35. — Travail rapide, respirations profondes (pneumogrammes et tonogrammes).

par minute, qui allait en progressant et qui atteint généralement *20 litres* au cours du travail, *tend à diminuer*. Ainsi, on relève sur le compteur, dans une fatigue normale, les débits suivants :

Au repos : débit moyen par minute...	7 litres
Travail au cycle à 192 tours par minute et frein de 2 kilogrammes..	13l,20 ; 19l,80 ; 20l,75 ; 21l,35 ; 20l,70 ; 19l,70 ; 22l,50 ; 20l,85 ; 22l,15 ; 20 l. ; 22 l. ; 20l,40 ; 20l,60 ; 19l,50 ; 20l,50
Soit une moyenne de.....	20l,25

La courbe (*fig.* 37) accuse, par un plateau, une période de ventilation constante, qui ne prend fin qu'au seuil de la *période dangereuse*, c'est-à-dire du surmenage.

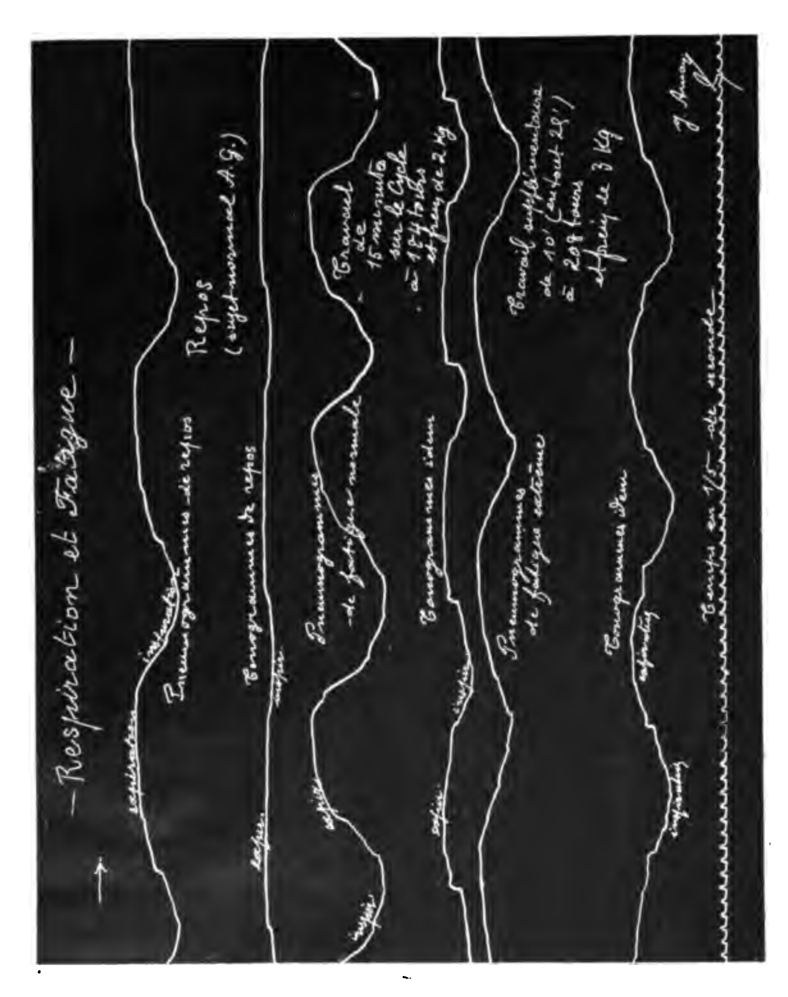


Fig. 36. — Travail rapide et pénible : menace d'essoufflement.

On peut donc affirmer que, tandis qu'un travail normal développe la ventilation des poumons, et accroît même un peu le calibre des bronches (¹), la grande fatigue nuit à la

(¹) Haldane et Douglas, *Journal of Physiology*, t. XLV, p. 235 ; 1912-1913 ; — Krogh et Lindhard, *Ibid.*, t. XLVII, p. 30 ; 1914 ; — Krogh, The respiratory exchange of aminals and Man ; London, 1916.

régularité des échanges gazeux; alors le *gaz carbonique*, produit toxique de la combustion vitale, s'accumule dans le sang et détermine l'*essoufflement;* la résistance des centres nerveux, et partant la puissance musculaire, décroissent rapidement.

L'observation la plus élémentaire montre aussi que ces troubles respiratoires de fatigue sont dus bien moins à l'exagération des efforts musculaires qu'à la *vitesse excessive* des contractions, laquelle produit une désharmonie entre les rythmes solidaires des fonctions de la vie.

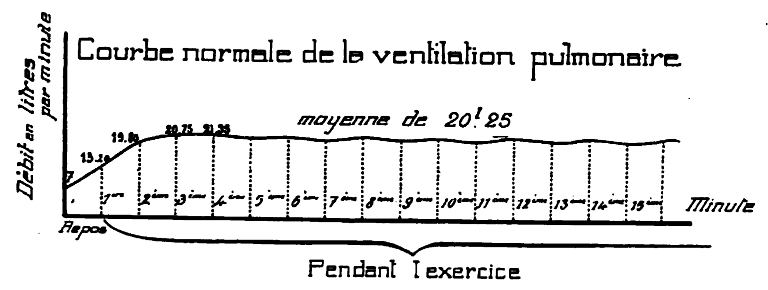


Fig. 37. — Courbe de la ventilation pulmonaire.

Il est remarquable, d'autre part, que la respiration se prolonge toutes les fois que l'on soutient un *grand effort*, de quelque durée (*fig.* 38); une branche nerveuse, émanant du bulbe, réalise surtout une expiration prolongée. Mais, précisément, l'effort soutenu tend à devenir impossible dans la fatigue, parce que l'empoisonnement bulbaire précipite et fausse l'action nerveuse; les expirations se font brèves, saccadées, signe d'essoufflement. Il est possible cependant de faire provision d'oxygène, par une inspiration très profonde, et de prolonger la durée de l'expiration; toutefois, ni souvent, ni plus de 2 minutes. Les plongeurs arabes de Ceylan, qui pêchent professionnellement les éponges, restent 90 secondes au-dessous de l'eau [1]. Malgré cet effort qui semble immobiliser la cage thoracique, l'air oscille dans les poumons, comme le montrent les tonogrammes. Les poumons conservent leur rythme et leur amplitude (*fig.* 39).

[1] Vernon, *Amer. Journ. of Physiol.*, t. XXI, p. 126.

Mesurons, maintenant, la consommation d'oxygène : ***nous la verrons croître, pour un même travail, avec les progrès de la fatigue.*** Le moteur musculaire ***rend*** de moins en moins ; il gaspille l'énergie. J'avais constaté au contraire ***une économie*** quand, en réglant l'effort et la vitesse, le travail s'effectuait sans grande fatigue ([1]).

A quelle valeur inférieure du rendement peut-on estimer

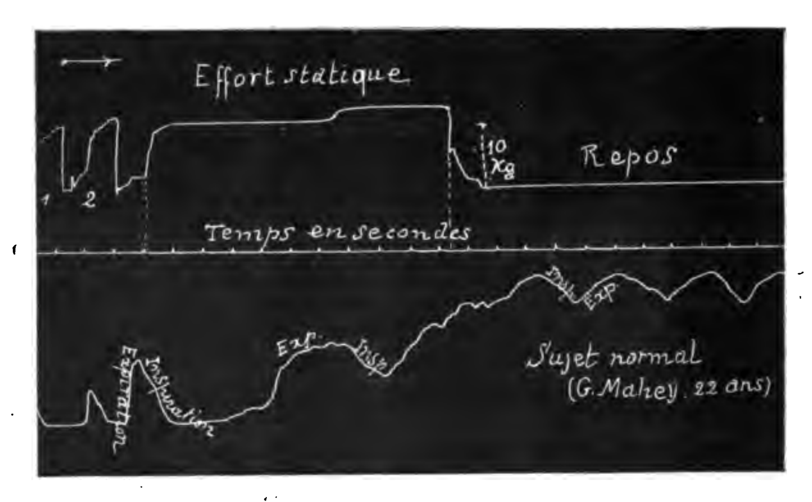


Fig. 38. — Pneumogrammes montrant l'arrêt expiratoire du thorax pendant l'effort statique.

dangereuse la continuation du travail? — C'est une question bien complexe, car le rendement dépend de la personne elle-même ; c'est un coefficient individuel; il se rapporte à un genre d'activité nettement spécifié, et ne saurait être généralisé à tous. Il faudrait avoir, en quelque sorte, fait des *essais* pour se rendre compte de la dépréciation que subissent des muscles fatigués. D'ailleurs, il peut y avoir une *fatigue statique*, sans mouvements, utiles ou inutiles, par le seul fait de déployer des efforts; cela épuise les terminaisons *nerveuses périphériques* ([2]), et complique l'interprétation

([1]) *Le Moteur humain*, p. 255-256.
([2]) K. Frumerie, *Skand. Arch. f. Physiol.*, t. XXX, p. 409 ; 1913.

du phénomène respiratoire, lequel cesse, par conséquent, d'être exclusif de toute autre donnée physiologique.

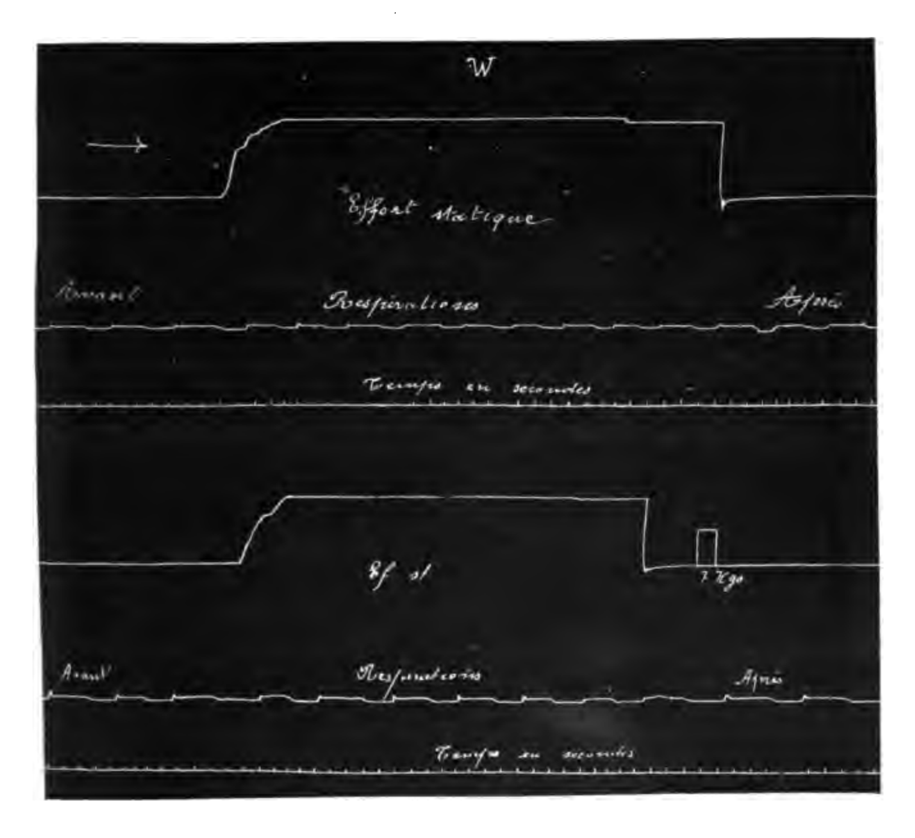


Fig. 39. — Tonogrammes durant l'effort statique

XXXVI. — 3° *Énergie névro-musculaire*. — On conçoit d'ailleurs que la sensation d'impuissance, signe de la fatigue, se localise dans l'appareil *névro-musculaire*. Un homme, lancé à vive allure, en arrive fatalement à réduire son effort et à ralentir sa marche. On a divers procédés pour s'en assurer. D'abord celui du *cycle ergométrique*, actionné aux pédales ou à la manivelle. On emploie un *poids frénateur* de 3 kilogrammes et une cadence de 200 tours par minute. La roue inscrivant elle-même, par un signal électrique, ses ro-

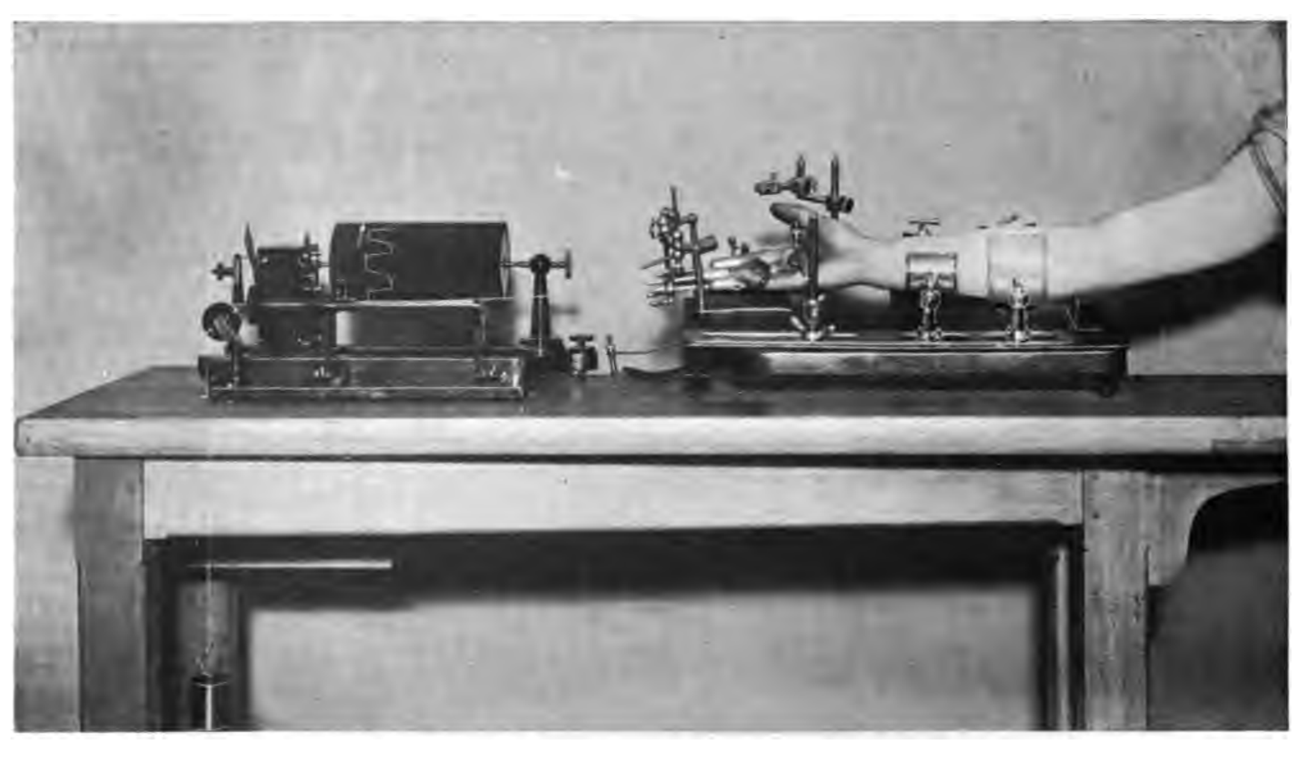


Fig. 40. — Chirographe enregistrant les contractions musculaires des doigts.

tations, on note bientôt un tracé à intervalles plus espacés et irréguliers. Avec le *chirographe* [1], qui sera décrit plus bas, on suit la décroissance de l'activité musculaire, soit des doigts séparément, de toute la main, soit du poignet (*fig.* 40). Le rythme est réglé au métronome, et le poids à soulever dans les contractions ne varie pas (*fig.* 41).

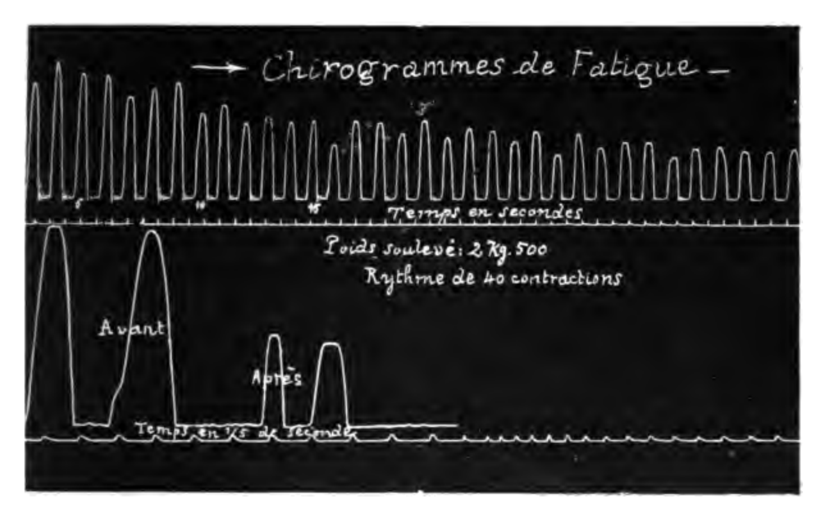


Fig. 41.

Les facteurs concernant la forme et la fréquence des contractions étant ainsi déterminés, c'est la hauteur, l'amplitude des soulèvements qui va seule diminuer par la fatigue. Le travail développé est donc bien décroissant. L'*allure d'un chirogramme* est caractéristique ; elle est d'autant plus fléchissante que la fatigue est plus avancée, ou que celle-ci est plus influencée par les circonstances : mauvaise alimentation, manque de sommeil, dépression morale, température élevée, alcoolisme, état d'impotence non apparent.

Je dis que pour un œil exercé, la comparaison des chirogrammes avant et après un exercice doit renseigner sur le degré de fatigue. Étalons une des courbes du tracé en faisant

(1) J. Amar, *Le Moteur humain*, p. 391 ; — *Journ. de Physiol.*, p. 849 ; 1915.

tourner plus vite le cylindre enregistreur, et nous remarquerons le ralentissement de la contraction dans toutes les phases qui la constituent. La volonté n'agit pas sur les muscles par une excitation unique, les centres nerveux doivent multiplier leurs impulsions, et alors cette paresse de la contraction trahit la fatigue *simultanée* du système nerveux; simultanée parce que la fibre musculaire elle-même, elle surtout, se fatigue, devenant moins irritable, moins élastique ; elle s'altère jusque dans sa structure élémentaire. A la suite de mouvements puissants, d'efforts considérables, les muscles souffrent de la *contracture;* ils sont rigides, ne reprennent que lentement et péniblement leur souplesse primitive. C'est, par exemple, le *torticolis rhumatismal,* qui affecte le muscle du cou (sterno-cléido-mastoïdien) ; c'est le spasme dénommé *crampe des écrivains*, et auquel sont également sujets les dactylographes et les couturières.

La fatigue du système nerveux est en proportion du nombre d'impulsions motrices qu'il doit fournir au système musculaire pour le faire fonctionner ; cette dépense est élevée dans le travail qui demande une grande fréquence des mouvements. De petits pas, très souvent renouvelés, sont plus onéreux que de bonnes enjambées, et l'on aperçoit la raison qui, dans certains travaux ne nécessitant pas de force, rend l'épuisement nerveux important et hâte la fatigue.

Ce phénomène a, de plus, pour conséquence, des troubles de la *sensibilité générale;* on réagit moins vite : l'équation personnelle augmente ; la vue perd de son acuité : c'est l'*asthénopie oculaire* des typographes, cordonniers, etc. ; on ne peut plus distinguer les couleurs sans augmenter l'intensité de la lumière (1) ; de même, l'activité cérébrale est plus lente à distinguer les idées ou les images.

La *sensibilité tactile*, source de nos plus fréquentes sensations et notre principal moyen d'éducation, est à son tour amoindrie. On l'évalue en effleurant avec deux pointes en

(1) Altobelli, *Arch. ital. Biol.*, t. XL, p. 99 ; 1903.

ivoire la surface cutanée ; au lieu d'un écartement normal de ce compas spécial ou *esthésiomètre*, il faut séparer davantage les pointes et embrasser une aire sensitive plus grande. Ces diverses manifestations de la fatigue nerveuse résultent souvent d'un déficit d'oxygène dans le sang, ou d'un excès de gaz carbonique, ayant pour cause la vitesse de travail. Ce sont là des circonstances où l'*excitabilité des centres nerveux* s'affaiblit, tout au moins pour un certain temps(1), et entraîne la dépression de la sensibilité périphérique. Les actes volontaires et les actes réflexes s'accomplissent dans l'hésitation et parfois dans le désordre. — Par exemple, une jeune fille qui joue longtemps à la corde finit par se tromper et s'embarrasser dans ses mouvements.

Tous ces éléments, sur lesquels je ne puis jeter qu'un rapide coup d'œil, sont des grandeurs mesurables; on forme des tableaux de chiffres représentant les valeurs de ces réactions avant et après la fatigue, et on en tire les enseignements utiles.

Dans plusieurs cas, il m'a été possible de remplacer les tracés chirographiques par un procédé plus expéditif pour évaluer la plus ou moins grande *résistance des centres nerveux :* le sujet, à un instant donné, saisit deux poids de 5 kilogrammes, placés à portée de ses mains, un de chaque côté, les bras étant tendus latéralement et sur une ligne horizontale. Il ne doit les laisser tomber que sous l'effet de la fatigue : à cet instant, les bras commencent à s'abaisser et à trembler. On note la *durée de cet effort statique*, et on reprend à intervalles d'une minute, tant qu'on jugera nécessaire le renouvellement de l'épreuve.

Le produit du poids par le temps, $P \times t$, en kilogrammes-secondes, varie d'un individu à un autre ; à l'origine des épreuves, la durée peut osciller de 78 à 20 secondes. Mais il est remarquable que, dans une heure d'expériences, l'*endurance*, où s'exprime la totalité des produits $P \times t$, caracté-

(1) Piotrowsky, *Du Bois-Reym. Arch. f. Phys.*, p. 205 ; 1893 ; — Baglioni, *Arch. ital. Biol.*, t. XLII, p. 83 ; 1904.

rise un homme, parfois un groupe d'hommes, habitués aux mêmes exercices. En vingt reprises, par exemple, elle a une valeur à peu près *constante*. L'endurance-limite se révèle comme suit : d'abord, un coup de collier, puis une chute brusque, et le refus absolu de continuer à porter les poids. Après un repos d'une heure, la courbe s'abaisse encore très vite, et l'on est en droit de dire que l'excitation nerveuse motrice tend à s'épuiser comme l'énergie musculaire elle-

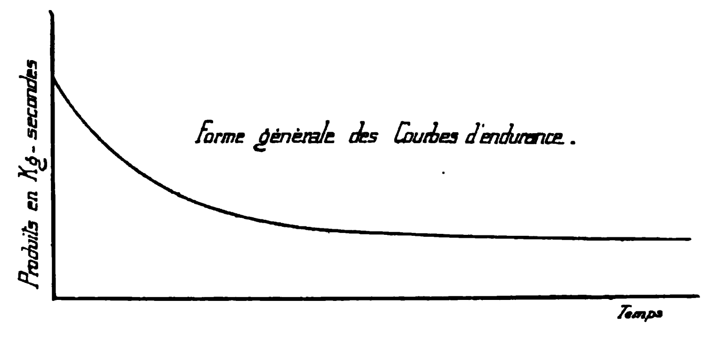


Fig. 42.

même. — La forme des *courbes d'endurance est hyperbolique* (*fig.* 42). On aura, par exemple : 44″, 30″, 29″, 19″, 16″, 15″, 14″, 13″, 13″, 11″, 10″, 11″, 10″, 11″, 11″, 11″, 8″, 10″, 11″, 11″ = 308″, soit un total de 308″ × 10kg = 3.080 kilogrammes-secondes. — En moyenne, les adultes bien portants, non fatigués, fournissent 3.000 kilogrammes-secondes. Toute *irrégularité* frappante, toutes valeurs inférieures à 2.000 kilogrammes-secondes, trahissent une grande fatigue des centres nerveux.

XXXVII. — 4° *Signes biochimiques de la fatigue.* — La nature de la fatigue est, on l'a vu plus haut, une *intoxication* qui, produite aux points où l'activité a son intensité maximum, s'étend peu à peu à l'organisme tout entier.

Ces poisons résultent de la transformation des *albuminoïdes cellulaires*, qui est une opération toujours mauvaise pour la

santé, car non seulement elle est dispendieuse — nécessitant beaucoup plus d'oxygène que s'il s'agissait de substances grasses ou sucrées — mais elle met en liberté précisément des corps toxiques ou *ponogènes*. Il s'en forme surtout lorsque les muscles déploient des efforts excessifs. Ces dérivés sont des bases *nucléiniques*, dont l'origine est le *noyau* de la cellule ; ils sont *acides* et *phosphorés* ou *azotés*. Aussi, trouve-t-on dans les *urines* ces bases nucléiniques, des phosphates et de l'*acide urique*. Ce dernier, que l'homme élimine à raison de 8 milligrammes par kilogramme et en 24 heures, à taux constant (1), est plus abondant à la suite des fatigues (2). Et tous ces produits, charriés par le sang, empoisonnent l'organisme. On a vu que leur injection à un animal entraîne la dépression des forces et les troubles de la fatigue ; ils diminuent l'excitabilité musculaire, ce qui nécessite une dépense croissante d'énergie nerveuse, un véritable gaspillage des ressources de la vie ; ils altèrent jusqu'à la matière vivante, celle des nerfs et des muscles ; ils gênent la régularité des phénomènes respiratoires et circulatoires.

Tandis qu'une activité normale réduit la proportion des toxines urinaires (3), un travail intense, une fatigue extrême l'augmentent visiblement ; et Bouchard a constaté qu'elles ont un effet *narcotique* certain, pouvant aller de la simple somnolence jusqu'à la mort.

Malheureusement, les mesures pour déceler, à l'examen des urines, la borne dernière de la *fatigue physiologique*, font encore défaut. Et ni de l'*analyse du sang*, ni de la *toxicité de la sueur*, on ne peut tirer de meilleurs renseignements. Il faut confronter de multiples données — sommairement indiquées ici — pour apprécier l'intensité de la fatigue.

(1) Faustka, *Pfl. Arch.*, t. CLV, p. 523 ; 1914.
(2) Herther et Smith, *Maly's Jahrsb.*, t. XXII, p. 200 ; 1892 ; — Dunlop, etc., *Journ. of Physiol.*, t. XXII, p. 68 ; 1898.
(3) Ch. Bouchard, *Leçons sur les auto-intox. dans les maladies* ; Paris, 1887 ; — Colasanti, *Ricerche Istit. Farmacol. sper.*, t. II-IV ; 1895-1899.

Le caractère vraiment physiologique de celle-ci est la disparition de tous ses effets par le *repos et le sommeil*, tous deux nécessaires, tous deux conditionnés par l'auto-intoxication elle-même. La toxine qui détermine le sommeil, l'*hypnotoxine*, se forme dans l'état de veille, se rencontre dans le sang et plus spécialement dans le liquide cérébro-spinal ; elle produirait dans le cerveau frontal de passagères altérations ([1]). Fatigue et veille engendrent la torpeur des organes du mouvement, et relâchent la tonicité musculaire, et dépriment l'innervation ; elles rendent inéluctables le repos et le sommeil, car à un certain moment elles deviennent *inhibitoires*, réalisant un mécanisme de défense contre l'activité exagérée. *L'oxygène du sang rétablira la vitalité.*

Si, par une fausse conception des lois du travail, on passe outre à ces avertissements de la fatigue, les limites normales sont vite franchies ; l'intoxication s'aggrave et donne lieu à une *courbature fébrile*, à des maux de tête, à des manifestations dolorifiques. La résistance des centres nerveux s'affaiblit beaucoup, et, pour tout dire, la résistance organique s'effondre ; c'est ce qui réveille les souffrances et les maladies latentes, maladies très souvent insoupçonnées, c'est ce qui brise le ressort que les germes infectieux avaient tant de peine à surmonter. La fièvre typhoïde et la tuberculose se déclarent, et l'on sait qu'elles sont le triste lot des armées surmenées par la guerre.

Le but de l'organisation physiologique de notre activité est de rendre impossibles les circonstances dans lesquelles naît le surmenage et se ruine la santé. Elle vise à la conservation de l'espèce humaine par l'hygiène sociale.

([1]) H. Piéron, *Le Problème physiologique du sommeil*; Masson, 1913.

CHAPITRE V

LES FACTEURS DU TRAVAIL

XXXVIII. — Pour organiser le travail humain, il faut connaître les lois de l'activité musculaire et nerveuse, et les nombreux facteurs dont elle dépend.

Déjà, chez les Anciens, des préceptes avaient cours qui recommandaient d'exercer le corps *avant* et non pas *après* les repas, et de pousser ces exercices « jusqu'à ce qu'on se sente une légère lassitude, qu'il survienne une petite sueur, ou au moins qu'il s'exhale une vapeur chaude de l'habitude du corps (1) ». Ces notions rudimentaires de physiologie et d'hygiène cessaient, d'ailleurs, d'avoir la moindre importance quand il s'agissait de l'armée. La conception militaire, pour les Romains surtout, était celle du plus intense *entraînement*, à tel point que le soldat parvenait à effectuer des parcours de 40 kilomètres par jour avec un chargement moyen de 35 kilogrammes. Il faut bien reconnaître que ce genre de vie lui donnait une trempe solide, et que l'organisme s'habitue aux fatigues extrêmes.

Les principes de l'entraînement se perdirent à la longue, et sous Louis XIV les victoires étaient payées cher. En 1734, Montesquieu écrivait avec raison : « Nous remarquons aujourd'hui que nos armées périssent beaucoup par le travail immodéré des soldats ; et cependant, c'était par un travail immense que les Romains se conservaient. La rai-

(1) Galien, *De Sanitate tuenda*, livre II.

son en est, je crois, que leurs fatigues étaient continuelles; au lieu que nos soldats passent sans cesse d'un travail extrême à une extrême oisiveté, ce qui est la chose du monde la plus propre à les faire périr... *Nous n'avons plus une juste idée des exercices du corps* (1). »

Il aurait fallu, pour avoir cette juste idée, interroger la Nature, qui, suivant le mot de Newton, « ne fait que de la géométrie », et s'inspirer des principes de cette géométrie.

Galilée (2) fit la constatation que, de tous nos muscles, celui qui travaille sans repos, sans accident, celui qui se montre réellement *infatigable*, c'est assurément le *cœur*. Il a une masse déterminée et se contracte au rythme de 72 par minute environ; et comme « il ne meut que sa propre masse », ce serait là l'explication de son infatigabilité. Les autres muscles, au contraire, doivent mouvoir le squelette, et quelquefois tout le poids du corps; il en est ainsi des muscles des jambes.

Ces vues spéculatives du grand savant italien sont d'accord avec nos idées modernes sur le travail musculaire. Il y a, en effet, pour chaque appareil locomoteur, un *rythme de contraction* et une *résistance à vaincre* parfaitement adaptés à son fonctionnement normal, en apparence indéfini. Et, de plus, il y a des valeurs qui correspondent *au rythme et à l'effort économiques* par excellence (3), ceux qui coûtent le moins d'énergie.

Nous ne pouvons que formuler brièvement, à cet égard, les lois admirables établies par les physiologistes, en particulier par Chauveau.

XXXIX. — **Lois de Chauveau**. — 1° *La dépense d'énergie est proportionnelle à l'effort de contraction des muscles, à*

(1) MONTESQUIEU, *Considérations sur les causes de la grandeur des Romains et de leur décadence*, p. 10 (édition Barckhausen; Paris, 1900).

(2) GALILÉE (1564-1642), *Opere*, t. XI, p. 558 (édition de Milan, 1811).

(3) Si tous nos muscles pouvaient réaliser les conditions d'activité du cœur, ils produiraient en 24 heures près de 3 *millions de kilogrammètres*, soit, par exemple, le travail nécessaire pour faire quatre fois l'ascension du mont Blanc!

sa durée et au degré de leur raccourcissement. — Le sens de cette première loi est évident : l'énergie dépensée, ou la fatigue, augmentent si les efforts sont plus intenses et durent plus longtemps ; mais il faut ajouter que cette fatigue



Bonne position.



Mauvaise position.

FIG. 43. — Action des bras sur les brancards.

est, toutes choses égales, double si les muscles se raccourcissent deux fois plus. L'observation de bons ouvriers confirme cette partie de la loi ; en agissant sur les brancards d'une brouette, ils laissent leurs bras s'étendre au lieu de les fléchir, et ils développent ainsi le même effort de soutien avec le minimum de fatigue (*fig.* 43).

S'il peut être nécessaire, parfois, de déployer une grande

force, il faut se dire que *celle-ci augmente de moins en moins à mesure que le raccourcissement du muscle touche à son terme.* Sous peine de gaspillage, on doit éviter d'aller jusqu'au bout de la force de contraction. Les exercices pénibles constituent des conditions *anormales* d'activité musculaire, aux suites irréparables.

2° *La dépense d'énergie, pour produire un travail déterminé, diminue à mesure que la vitesse des contractions augmente.* — Mais cela n'est vrai qu'entre certaines limites de vitesse, sans quoi il y aurait *épuisement nerveux* et des troubles physiologiques profonds. Comme je l'ai dit plus haut, les allures rapides ne sont permises qu'à la condition de ne pas surmener les appareils de la circulation et de la respiration ; et alors elles sont réellement économiques. L'industrie moderne, qui exige des qualités de vitesse et d'habileté, bien plus que de force, doit s'en tenir, précisément, à ces *allures économiques*, que le système Taylor soupçonne, sans pouvoir les indiquer.

3° *Il existe un effort et une vitesse optima pour réaliser le maximum de travail avec la moindre fatigue.* — C'est la conséquence de ce qui précède, et c'est l'objet véritable de l'organisation scientifique de l'énergie humaine. Qu'il s'agisse d'un travail délicat ou d'un travail dur, toujours on doit proportionner l'effort et la vitesse en se guidant *uniquement* sur les données expérimentales.

4° *Loi du repos* (de Jules Amar). — *Le muscle revient d'autant plus vite à son état de repos que son travail a été plus rapide.* — Cette loi, formulée en 1910, est tout à fait analogue à celle du refroidissement des corps chauds. En effet, la température d'un corps qui a été chauffé s'abaisse d'autant plus vite qu'on l'a portée plus haut (Newton). De même, la consommation d'oxygène, qui exprime la dépense d'énergie, va décroissant depuis l'arrêt du travail jusqu'au retour à l'état de repos, et cette décroissance s'effectue rapidement, le retour à l'état initial se fait vite quand on a travaillé avec intensité, entre certaines limites évidemment. La

loi de cette décroissance permet donc de déterminer l'*intervalle de repos* nécessaire, chaque fois, à la restauration des conditions physiologiques du début, et de couper le travail en périodes rationnelles. Ainsi l'on atteint les grands rendements journaliers sans entamer la résistance de l'organisme. Parallèlement, le taux de la ventilation va en décroissant; il doit reprendre la valeur du repos *4 minutes* après la fin du travail, quel qu'il soit. Les courbes tonographiques reviennent aussi à leur amplitude initiale (*fig.* 44).

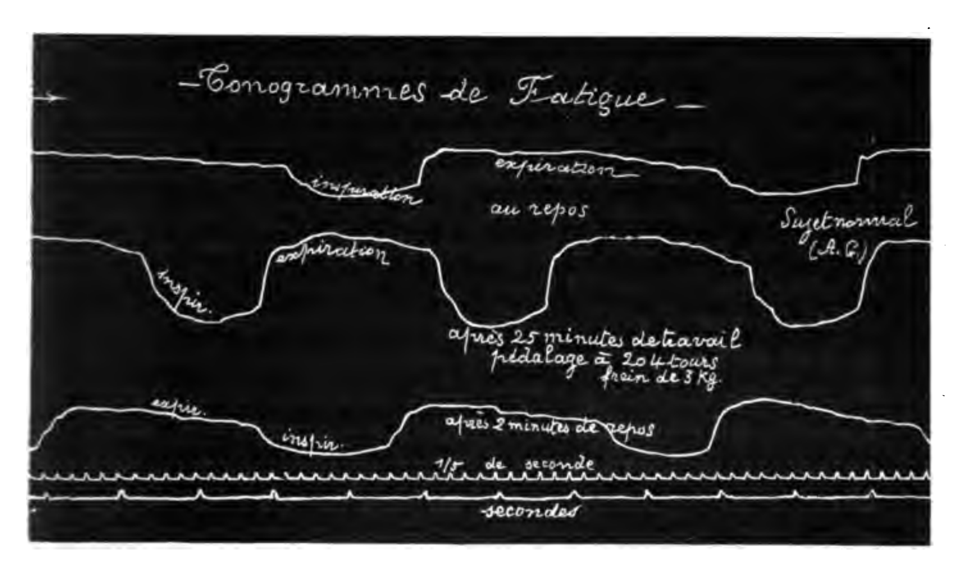


FIG. 44.

Toute la science du travail humain est condensée dans ces quatre lois, et tout l'*art de travailler*, et toute l'éducation physique, résident dans leur application. Proportionner l'effort et la vitesse, régler les intervalles de repos, c'est le secret d'une activité normale, exempte de surmenage, et, ce qui est mieux, favorable à l'épanouissement complet des fonctions de la vie. Tout, dans les exercices physiques ou intellectuels, est question de mesure, de discipline, c'est-à-dire d'*ordre* et d'*harmonie*.

Mais cet ordre et cette harmonie doivent rayonner au dedans et au dehors, gouverner la machine vivante intérieurement comme aussi dans ses relations avec le monde extérieur, car la vie est sans cesse influencée par de nombreux agents *physiologiques* et *cosmiques*. L'activité humaine en est donc tributaire, et nous allons voir par quels liens puissants ils tiennent à elle et la commandent.

XL. — A. Facteurs internes du travail. — Nos aliments. — Aucun moteur ne peut fonctionner et produire du travail s'il n'est *alimenté* convenablement. Dans le moteur vivant, le combustible est appelé *aliment* et le phénomène de combustion porte le nom de *nutrition* : c'est, nous l'avons dit, une oxydation affectant les *réserves des cellules*. « Ce n'est pas ce que l'on mange *actuellement* qui fournit l'énergie employée aux travaux physiologiques de l'organisme, écrit Chauveau, mais bien le potentiel fabriqué avec ce que l'on a mangé *antérieurement* (1). »

Ces travaux physiologiques exigent la présence de l'*oxygène* et de l'*eau* et de diverses *substances salines* : sels de chaux (carbonates et phosphates) et de soude (chlorure de sodium), qui consolident le squelette et prennent part à des opérations digestives ou d'équilibre humoral. Nos rations alimentaires apportent presque toujours les sels nécessaires, et les 2 à 3 litres d'eau qu'il faut à un adulte. Et dans toutes se mêlent, en proportions variables, trois *matières alimentaires* : les *graisses* (lard, beurre), les *albuminoïdes* (œuf, viande maigre), et les *hydrates de carbone* (sucreries, féculents). L'expérience a montré que les aliments doivent fournir à notre corps un *gramme d'albuminoïdes* par kilogramme de poids, afin de réparer l'usure organique. Elle a surtout enseigné, confirmée par la théorie énergétique, que le travail des muscles, et probablement aussi du système nerveux, *consomme à peu près uniquement des hydrates de carbone*. La

(1) Il est impossible de développer ici le problème de l'alimentation; nous renvoyons à notre ouvrage déjà cité, p. 176-217.

véritable source d'énergie utilisable est dans ces aliments sucrés, qui dérivent du *glycogène* accumulé dans le foie. En passant de celui-ci aux muscles, ils se transforment en *énergie utile*, mécanique, presque sans déchet : 100 calories des dits aliments fournissent bien 100 calories de travail disponible, soit dans les cellules musculaires, soit dans les cellules nerveuses. Tout au contraire, les albuminoïdes et les graisses sont des combustibles de gaspillage, *moins digestibles* que les précédents [1], moins purs, les premiers surtout, puisqu'ils donnent naissance à des dérivés toxiques qui hâtent la fatigue. Ils perdent, en se transformant, respectivement *45 et 15 0/0* de leur énergie utilisable, perte qui se retrouve dans une simple production de *chaleur*, *forme dégradée* de l'énergie.

Ainsi, plus notre genre de vie est actif, plus nous ferons usage d'aliments hydrocarbonés ; et en principe, il y a pour le corps un *minimum d'albuminoïdes* relativement bas, — et un *minimum plus élevé* d'hydrates de carbone. Ici l'excès est un avantage, là un inconvénient, parfois un danger.

Ajoutons que l'aliment provoque mieux les sécrétions digestives quand il est *assaisonné légèrement ;* qu'il est plus digestible sous tel état que sous tel autre ; nous donnerons plus loin quelques indications sur ces faits. La manière dont un *mets* se trouve préparé agit, d'après Pawlof, *psychiquement*, sur l'intensité de la digestion (voir § 10) ; les traditions culinaires doivent donc être respectées ; il suffit d'améliorer la qualité des aliments et de les donner en quantité suffisante.

XLI. — **Faim, inanition.** — La mauvaise alimentation ou son insuffisance dépriment les forces et produisent l'anémie. Dans l'*inanition*, il se manifeste même des troubles nerveux, encore que le cerveau soit, de tous les organes, celui qui résiste le plus à l'épuisement matériel. Mais les

[1] Best, *Die Umschau*, n° 40 ; 1911.

muscles perdent beaucoup; par conséquent, c'est l'ouvrier qui souffre le plus de la *faim*. Il en est de même de l'*enfant*, à raison des besoins de la *croissance ;* l'enfant qui a été mal nourri subit une dépréciation que le meilleur des régimes ne compensera plus. J'ai trouvé que, pour cette réparation, il est avantageux de ne pas dépasser un taux d'albuminoïdes de 2 grammes par kilogramme, et de recourir aux hydrocarbonés; en un mot, il faut réparer progressivement, lentement. — J'en dirais autant de la jeunesse qui s'adonne ardemment aux sports, et pratique des exercices dont une bonne alimentation peut seule compenser les effets et les rendre utiles.

La *faim* est une sensation défensive, qui débute par un tiraillement au niveau de l'estomac, et de fortes contractions. Au moyen de ballonnets minces introduits dans cet organe, on a enregistré ces contractions et constaté leur intensité, leur rythme et leur synchronisme avec celles de l'œsophage inférieur (1). La douleur de la faim se répercute ensuite sur le pharynx, les tempes, et produit des maux de tête — de la *céphalée*. Elle est plus vive dans les exercices de fatigue, surtout en hiver.

On connaît enfin le cas des *boulimiques* qui, pour satisfaire leur faim dévorante, sont obligés de manger sans cesse. Mais, hors cet état anormal, *on doit éviter l'excès d'aliments et la cuisine raffinée*. Nous mangeons malheureusement trop et nous varions beaucoup trop nos aliments. Il en résulte un surcroît de travail digestif nécessitant une dépense supplémentaire d'énergie (2); l'estomac se dilate, la respiration est gênée; il y a souvent des vertiges, de l'insomnie, une accélération cardiaque ; on devient impropre au bon travail physique et la pensée elle-même s'obscurcit. L'influence toxique de ces repas copieux est absolument incontestable.

Et, d'autre part, la richesse des excitations alimentaires fatigue l'appareil nerveux digestif. « La plupart des mets

(1) CARLSON et LUKHARDT, *Amer. Journ. of Physiol.*, t. XXXIII, p. 126; 1914.
(2) LAULANIÉ, *Comptes Rendus Biologie*, p. 548; 1904.

raffinés... irritent les organes de la digestion et de la sécrétion d'une façon défavorable(1). » Tout cela se complique de désordres plus graves, tels que rhumatisme, goutte, albuminurie — ou encore obésité, suivant que l'alimentation est en majeure partie albuminoïde ou grasse. L'abondance de nourriture est le défaut éclatant de la société bourgeoise.

XLII. — **Rations alimentaires.** — Toujours est-il que, pour suffire à la dépense que nous faisons tant au repos qu'au travail, pour couvrir les *frais d'entretien du corps*, la *ration alimentaire* doit se régler sur la masse de ce corps et la grandeur du travail musculaire. Pour être une véritable *ration d'entretien*, il faut qu'elle puisse réparer l'usure organique et *maintenir le poids du sujet*. La constance de ce poids chez l'adulte est donc un témoin de l'intégrité des fonctions et de la bonne composition de la ration. En s'abstenant d'aliments albuminoïdes, on use l'organisme, et son poids s'abaisse de 1 0/0 par jour environ (2). Il faut donc, avec les calories nécessaires, une alimentation parfaitement appropriée aux besoins physiologiques les mieux définis. On doit y trouver le *minimum d'albuminoïdes* ou *protéiques*, que nous avons fixé à 1 gramme par kilogramme du corps, et un *minimum d'hydrates de carbone* dont le taux s'élèvera avec l'intensité de notre travail. Les graisses, faiblement représentées dans ces rations, seront, au contraire, en plus grande proportion par un temps froid.

Et toujours ces aliments seront préparés de façon à stimuler l'*appétit*, ce réflexe compliqué par lequel l'âme et le corps traduisent leur vie intérieure, et qu'il est bon de consulter. Toujours les aliments seront *bien mâchés* et lentement ingérés dans le tube digestif. Il paraît qu'il y avait, autrefois, à Rome, des personnes chargées d'enseigner à mâcher. Et, plus récemment, les *Fletchériens* ont fait de cet exercice un devoir de haute hygiène. Le fletchérianisme

(1) E. Metschnikoff, *Études sur la nature humaine*, p. 379 ; Paris, 1908.
(2) S. Hataï, *Amer. Journ. of Physiol.*, t. XII, p. 116; 1904.

mérite mieux qu'une simple mention. En 1890, un riche Américain, *Horace Fletcher*, à peine âgé de 40 ans, résolut de se débarrasser d'un mal dont il souffrait beaucoup : l'*obésité*.

« Il était devenu incapable de s'occuper de ses affaires, de fréquenter les cercles, de vivre la bataille de la vie sociale... ; il se trouvait dans un tel désordre physique que les Compagnies refusèrent de l'assurer... Alors il s'avisa que le désordre de sa machine dépendait spécialement du *trop-manger*, et il chercha lui-même le moyen de se soigner : ce fut par une *alimentation économique*. » Il avait composé ses rations d'une forte proportion d'hydrates de carbone et d'une quantité d'albuminoïdes correspondant à $0^{gr},60$ par kilogramme. Le tout ne comprenait que légumes, céréales, sucre, lait, et valait 1.600 à 1.610 calories pour un homme de 72 kilogrammes ; valeur insuffisante, mais qui convenait à un sujet devant consommer la surcharge graisseuse de son obésité. Remarquons, en effet, qu'un homme à jeun, et au repos complet, fait une *dépense minimum de 1 calorie par kilogramme-heure*, d'après un ensemble d'observations concordantes (1). Ce qui donnerait pour Fletcher :

$$1c \times 72 \times 24 = 1.734 \text{ calories.}$$

Par ce moyen, Fletcher se refit une admirable santé physique et morale. Durant toute l'année 1903, il consentit même à se laisser expérimenter par le physiologiste Chittenden, et ce fut l'origine de très belles études sur cette alimentation hygiénique et économique, le point de départ aussi du *fletchérianisme*, car cet homme curieux trouva de nombreux et zélés partisans. Ceux-ci disciplinèrent leur goût, triomphèrent peu à peu de la tyrannie du palais en l'habituant à savourer longtemps des aliments mâchés avec patience et qui, plusieurs fois retournés dans la bouche, stimulent les sécrétions digestives, et finissent par plaire. Le

(1) R. Tiegerstedt, *Arch. di fisiol.*, t. VII, p. 426 ; 1909.

raffinement de la cuisine fut, à bon droit, combattu rigoureusement. Il ne s'agissait que de s'entraîner. D'aucuns estimeront excessive une telle gymnastique, cadencée, calculée, pour l'acte élémentaire de la *mastication*. C'est un peu vrai, mais je voudrais qu'elle nous corrigeât de l'excès contraire, de la *tachyphagie* dont nous sommes, à table, les victimes souvent inconscientes.

Concluons donc en indiquant le mode d'*évaluation* et d'*appropriation* de nos aliments, c'est-à-dire les rations qui conviennent à chacun suivant son âge et son genre de travail. Dans ce livre, à la fois simple et pratique, je m'interdirai toujours de donner des conseils impossibles à suivre. Les meilleurs sont ceux-là qui respectent la vérité scientifique et lui gagnent des suffrages. N'imposons pas trop les chaînes du laboratoire à cette chose mouvante qu'est l'*éducation*.

TABLEAU DES RATIONS ALIMENTAIRES

(Nombre de calories par *kilogramme de poids du corps et en 24 heures*) ([1]).

1° **Travaux intellectuels et travaux légers** (écrivains, gens de laboratoires ou de bureaux, membres de l'enseignement, ecclésiastiques, bijoutiers, tailleurs, couturières, etc.) :

30 calories (de préférence pâtes, légumes frais, lait, poissons délicats, pâtisseries), dont le *dixième* en albuminoïdes.

2° **Travaux moyens** (ouvriers d'art, boutiquiers, coiffeurs, teinturiers, cheminots, employés de magasins, domestiques, etc.) :

36 calories (mêmes observations que ci-dessus, et usage modéré de pain, très modéré de viandes : 75 grammes par jour, légumes secs).

3° **Travaux de fatigue** (soldats, marins, hommes de peine, ouvriers de port, mécaniciens, manœuvres, terrassiers, cultivateurs, etc.) :

50 à *70 calories*, suivant la quantité de travail (mêmes observations que ci-dessus, et usage de pain, pommes de terre, fruits tels que pruneaux, châtaignes, figues, raisins frais ou secs, et pas plus de 200 grammes de viandes).

Table des aliments usuels ([2])

100 GRAMMES D'ALIMENTS	HYDRATES de CARBONE	GRAISSES	PROTÉIQUES	POUVOIR CALORIFIQUE
	grammes	grammes	grammes	calories
Abricots frais	8,10	0,12	0,48	36.06
Amandes sèches	18,00	54,20	18,10	641,23
Artichauts de Paris (fond)	13,07	0,21	3,68	70,00
Asperges	4,72	0,41	3,38	36,94
Bananes de Paris	21,90	0,09	1,44	96,51
Beurre d'Isigny	0,00	83,58	2,52	770,91
Bœuf — Cœur	2,20	4,84	15,25	115,59
Bœuf — Rognons	2,54	1,82	16,30	93,81
Bœuf — Graisse	0,00	90,94	0,76	830,67
Cacao du Congo	30,25	42,40	11,35	556,40

([1]) En *hiver*, augmenter toutes ces rations du *quart*. — On choisira et calculera les rations d'après la table suivante.

([2]) Sauf indication spéciale, ce sont des aliments frais, achetés à Paris.

Table des aliments usuels (*suite*).

100 GRAMMES D'ALIMENTS	HYDRATES de CARBONE	GRAISSES	PROTÉIQUES	POUVOIR CALORIFIQUE
	grammes	grammes	grammes	calories
Cacao de New-York (1)	37,70	28,90	21,60	506,12
Carottes	9,50	0,19	1,19	45,56
Carpe	0,52	3,56	15,34	97,42
Cerises douces	14,12	0,09	1,02	62,89
Cerises acides	11,97	0,40	1,26	57,88
Champignons de couche	3,68	0,32	4,50	36,45
Châtaigne (2)	33,16	0,89	2,47	154,18
Cheval (filet de)	1,44	2,95	21,95	122,74
Chicorée (scarole)	4,02	0,10	1,04	21,65
Chocolat ordinaire	62,65	25,50	8,35	523,10
Chocolat Menier (3)	68,90	21,00	8,75	514,83
Chou-fleur (fleurs)	4,89	0,38	3,51	37,90
Chou de Bruxelles	9,62	0,58	3,80	60,30
Couscous (4)	85,40	2,07	9,80	409,16
Crème de Saint-Julien	1,60	26,52	2,58	258,47
Dattes	67,10	0,06	1,96	283,69
Doura (sorgho d'Afrique)	52,50	0,44	8,33	253,40
Epinards	5,58	0,33	4,06	42,53
Fèves décortiquées sèches	54,41	1,35	27,32	347,38
Figues sèches	53,67	2,10	2,26	248,42
Foie de veau	1,83	7,13	19,12	150,78
Fraises des bois	8,85	0,99	1,36	50,87
Fromages Brie	4,85	22,45	19,94	305,93
Fromages Camembert	5,95	21,65	18,72	298,16
Fromages Gruyère	1,79	26,95	36,06	400,43
Fromages Roquefort	3,00	38,30	25,16	464,00
Harengs frais	0,46	4,80	17,23	116,21
Harengs fumés	0,71	14,97	51,62	350,74
Haricots verts	4,17	0,28	1,99	27,86
Haricots secs (Soissons)	53,68	1,44	20,18	315,93
Huîtres	7,33	1,43	8,70	78,74
Jambon (Pâté de)	0,73	33,83	18,60	387,10
Lait de vache	4,83	4,12	3,23	70,54
Laitue (romaine)	1,74	0,15	0,92	12,27

(1) D'après Atwater et Woods, *Bulletin de Washington*, n° 28, p. 41; 1896.

(2) Il s'agit des châtaignes du Limousin, qui sont les plus abondantes; la châtaigne est un aliment important dans plusieurs départements (Centre et Midi); la France en produit quatre millions de quintaux environ.

(3) Le chocolat renferme du cacao, qui lui fournit un principe alcaloïdique, excitant neuro-musculaire, la caféine; il y a 0,16 0/0 de cafeine dans le cacao, et 1gr,40 par 100 grammes de chocolat Menier, d'après nos renseignements personnels. Le chocolat américain est très riche en graisses; voici sa composition : hydrates de carbone 26,80; graisses, 47,10; protéiques, 12,50. C'est un pouvoir calorifique de 589cal,74 (Atwater et Woods, *Bulletin* n° 28, p. 41). Mais le pouvoir calorifique ne renseigne pas sur la qualité d'un aliment.

(4) Jules Amar, *Le Rendement de la Machine humaine*, p. 50-51, Paris, 1909. Il s'agit de matière desséchée; mais il y a une humidité moyenne, à l'état frais, de 58 0/0, et une acidité de 7cm3,5 0/0 (état sec) en acide sulfurique normal.

Table des aliments usuels (*suite*).

100 GRAMMES D'ALIMENTS	HYDRATES de CARBONE	GRAISSES	PROTÉIQUES	POUVOIR CALORIFIQUE
	grammes	grammes	grammes	calories
Lapin { cuisse	0,77	3,14	23,49	126,81
Lapin { filet	1,90	1,97	18,66	102,22
Lentilles sèches	56,07	1,45	23,04	337,55
Lièvre (cuisse)	2,55	3,34	29,88	163,36
Macaroni (1)	75,70	0,65	10,89	361,02
Maquereau	0,28	15,04	15,67	202,26
Marrons	32,17	1,08	3,15	154,64
Melon (cantaloup)	3,72	0,11	0,60	18,71
Merlan	1,25	0,46	16,15	75,53
Mouton (gigot)	2,36	6,53	17,86	142,32
Navet	5,57	0,06	0,47	25,31
Noisettes sèches	13,22	61,16	15,58	674,64
Noix	17,57	41,98	11,05	499,36
Nouilles	75,21	0,60	11,58	361,30
Œuf de poule	1,43	11,04	11,59	153,85
Oie grasse	0,58	18,85	14,24	232,30
Oseille	3,57	0,40	2,74	29,51
Pain { en flûte	61,59	0,24	5,99	279,26
Pain { de ferme (2)	58,04	0,40	7,25	271,33
Pain { de munitions (3)	53,58	0,10	8,05	254,14
Pain { viennois	57,29	0,11	7,03	264,71
Pêches	10,36	0,48	0,86	50,37
Poires	9,93	0,04	0,24	42,06
Pois { frais	14,02	0,24	4,47	78,00
Pois { secs	57,76	1,40	20,56	335,85
Pommes (fruits)	14,41	0,06	1,44	65,53
Pomme de terre ordinaire	17,58	0,04	1,71	79,45
Porc (cuisse)	1,58	3,10	20,30	117,92
Poulet (cuisse)	1,16	10,95	17,19	174,58
Pruneaux (pulpe)	71,44	0,40	2,37	306,26
Raie	0,17	0,45	22,08	95,32
Raisins { frais (chasselas)	17,69	0,38	0,49	78,00
Raisins { secs	76,70	0,56	0,45	313,41
Riz blanc	75,22	0,30	8,89	347,58
Rouget	2,29	0,98	22,85	112,00
Sardines fraîches	0,57	2,33	22,12	114,23
Saumon	0,08	20,00	17,65	254,69
Sole	1,11	0,81	17,26	82,69
Tomate rouge	2,92	0,10	0,89	16,53
Tripes de Caen	4,73	16,79	19,06	250,33
Veau { carré	0,92	2,28	20,40	108,16
Veau { cervelle échaudée	0,12	16,33	13,26	203,46
Veau { épaule	1,22	4,08	22,27	133,43

(1) Les différentes pâtes (macaroni, nouilles, vermicelle) ont sensiblement la même composition, celle des semoules.
(2) Vieux de cinq jours.
(3) A. Balland, *Revue de l'intendance*, p. 631 ; 1907.

XLIII. — **Observations et cas particuliers.** — En général, il est bon de faire prédominer les *aliments végétaux* dans tous nos repas, sans les employer exclusivement, sans exclure par exemple les œufs, lait, poissons délicats (sole, merlan, brochet).

On veillera soigneusement à la bonne qualité des aliments. Il devrait y avoir un contrôle très sévère des restaurants, car les ouvriers surtout sont exposés à se nourrir *souvent* d'aliments avariés, au détriment de leur santé. Le bon marché ne doit, en aucun cas, servir d'excuse à la fraude, ici moins que jamais.

L'*enfant*, après la période d'*allaitement*, doit consommer beaucoup à cause de la *croissance*. Le lait maternel lui sera toujours avantageux, sinon le lait de vache bouilli et légèrement dilué avec une solution de lactose à 10 0/0. Ensuite on aura recours à la *panade;* au bout de 18 mois, on donnera du bouillon de viande, du poulet haché menu, de la purée de pommes de terre, des confitures. A cet âge, comme plus tard pour l'adulte, il faut veiller au poids du corps ; constant chez l'un, progressivement croissant chez l'autre. Mais le régime du *nourrisson* demande une surveillance compétente ; en cas de chloro-anémie, dyspepsie ou catarrhe des intestins, on n'hésitera pas à consulter un spécialiste.

De l'âge de 2 ans à celui de 9 à 10, l'enfant absorbe *par kilogramme* 90 à 70 calories, soit 2 à 3 fois plus que l'adulte. On ne saurait, sans danger, réduire sa consommation et son activité, car ses organes se forment et apprennent à fonctionner. Éducation n'est pas limitation.

A l'autre versant de la vie, *chez les vieillards*, la fonction digestive s'affaiblit et la dépense d'énergie diminue peu à peu. Il faut alors éviter de fatiguer l'appareil gastro-intestinal et lui donner des aliments qui se digèrent bien : féculents, nouilles et macaronis, viandes blanches très tendres, légumes frais et compotes. La sobriété ici est une nécessité, sobriété que l'on étendra à toutes les causes d'excitation pour ne pas mettre à l'épreuve le système cérébral. Cette

économie d'aliments et de stimulants prolonge la vie; on connaît l'exemple du gentilhomme vénitien *Louis Cornaro* (1464-1566) qui poussa l'économie alimentaire jusqu'à la parcimonie, et à 94 ans ! prêcha sa doctrine dans un ouvrage « plein de bon sens et d'esprit [1] » : *Metodo di vivere a lungo*, ou *Discorsi della vita sobria* (Padoue, 1558). Malade jusqu'à l'âge de 40 ans, ayant abusé de la vie, il réussit à rétablir complètement sa santé et à se passer, grâce au ***régime*** qu'il s'était imposé, de toute espèce de médication. Presque centenaire, il eut même un procès qui lui causa du chagrin sans l'ébranler, et il fit une chute de voiture qui ne laissa aucune trace. « C'est ce qui fait voir clairement, écrit-il, que ni la mélancolie, ni les passions de l'âme ne peuvent causer de fâcheux effets en ceux qui vivent de régime... et que la plupart des accidents ne seraient pas fort dangereux. » (*Loc. cit.*, p. 49, 53.)

Il n'entrait pas dans notre plan de traiter, même en passant, des ***régimes*** et de la science qui les adapte à l'état des malades. La *diététique* est placée comme au carrefour de la physiologie, de la pathologie et de la thérapeutique; elle ne saurait être ravalée à une des formes de l'art culinaire. Dès qu'un malade a reçu l'avis éclairé de suivre un régime déterminé, il devra faire effort pour s'y soumettre. L'ordre et la mesure gouvernent l'univers entier. Singulière prétention que de vouloir en affranchir notre vie végétative !

XLIV. — **Nos boissons.** — L'alimentation, au sens vrai de ce mot, comprend aussi la *boisson* qui, pour une très large part, est représentée par les liquides entrant dans nos aliments.

L'*eau* est incontestablement la boisson naturelle et hygiénique par excellence, parce qu'elle est un des éléments constituants des êtres vivants. On oublie trop que le *but* de la

(1) Appréciation de Addison (Joseph), dans *Le Spectateur* du 13 octobre 1711 (Introduction de la traduction anglaise du livre de CORNARO, *The Art of Living Long*, p. 21 ; édition de 1903).

boisson est essentiellement un but physiologique, auquel ne satisfait aucun autre liquide que l'eau : l'organisme s'efforce à conserver un *taux invariable* d'hydratation (1). Encore faut-il que l'eau soit *saine*, non surchargée de sels, ni infectée de microbes. *Il est toujours avantageux de la faire bouillir et de la mettre 24 heures dans la cave.* On est ainsi à l'abri de toute contamination, et certain de boire une eau *agréable au goût.* — D'autre part, elle favorise la digestion, spécialement celle des graisses et des hydrates de carbone (2). Elle désaltère à coup sûr, car la *soif* est une sensation résultant du manque d'eau comme l'*appétit* est une sensation qui annonce la *faim*, le besoin d'aliments. L'une et l'autre ont pour origine un trouble de l'état dynamique cellulaire, ce qui entraîne des ébranlements du système nerveux.

L'usage a, malheureusement, prévalu d'estimer les *liquides alcooliques* au même titre que l'eau, et presque tout le monde en consomme. C'est une erreur absolue. L'alcool est, avant tout, un combustible ; il fournit plus de 7 calories par gramme ; il peut, à la dose de *50 à 60 grammes par jour*, procurer de la chaleur à l'organisme, et décharger en partie de ce soin les aliments usuels. Mais il ne doit *jamais* être considéré comme une source prochaine d'énergie supérieure, ni mécanique, ni psychique.

Surtout, on ne saurait perdre de vue ses *effets toxiques*, auxquels est particulièrement sensible la cellule nerveuse. Les *vins*, *bières* et *cidres*, les produisent à raison de l'alcool qu'ils contiennent; par contre, les spiritueux y ajoutent la terrible influence des *essences stupéfiantes* qui entrent dans leur composition ; et de même que l'*absinthe* — aujourd'hui interdite définitivement grâce au zèle éclairé de M. Ribot — il convient de les défendre, ou tout au moins d'en restreindre la vente. Les autres boissons alcooliques peuvent être autorisées sans qu'il y ait danger grave, et pourvu que la consommation journalière ne dépasse guère *un demi-litre de vin*

(1) Terroine, *Comptes Rendus Biologie*, 28 mars 1914.
(2) Mattill et Hawk, *The Journ. of the Amer. Chem. Soc.*, t. XXXIII, p. 1978 ; 1912.

ou *un litre de bière* ou *de cidre*. Une doctrine hygiénique, qui préconiserait de tels principes, serait comprise de tout le monde et triompherait à la longue de ce mal hideux qui a nom : *alcoolisme* ([1]).

XLV. — **Effets de l'alcoolisme.** — Il est utile également de décrire les ravages de ce mal. « Le meilleur moyen de se garantir de l'ivrognerie, disait Anacharsis le Scythe, philosophe grec du VIe siècle avant notre ère, c'est de se représenter la *dégradation des gens ivres*. »

Je passe sur cette déchéance morale ; mais l'autre! Tout l'*appareil digestif* est irrité ; ses sécrétions s'accumulent ; peu à peu l'irritation fait place à un ulcère qui perfore l'estomac. La « pituite matinale » est le premier symptôme de ce processus. Kyrie et Schopper ([2]) ont constaté que l'alcool de vin, employé à la dose de *100 à 110 grammes* pour un adulte, détermine les ulcérations gastriques, la congestion et la dégénération du foie, pour conduire à la *cirrhose hépatique*. Le foie, ce magasin de glycogène où les muscles se ravitaillent par l'intermédiaire du sang et qui contribue à la production de chaleur de l'organisme, s'altère profondément, il devient fibreux et dur, et cesse de remplir ses multiples fonctions.

S'agit-il de l'*appareil circulatoire ?* L'alcool exerce sur le cœur une action dépressive ; la puissance contractile de cet organe tombe rapidement ; il n'a plus ni son effort normal ni sa capacité ordinaire de travail ; ses mécanismes nerveux régulateurs sont abolis dès la dose de 2 grammes par kilogramme d'animal ([3]) ; la fréquence des battements diminue, et l'influence dépressive s'accuse par un repos diastolique prolongé ([4]).

([1]) J'ai donné dans *Le Moteur humain*, p. 198, 283 et 596, tous les arguments de fait et de doctrine sur lesquels s'appuient mes conclusions.

([2]) Kyrie et Schopper, *Arch. f. Path. Anat. u. Phys.*, t. CCXV, p. 309 ; 1914.

([3]) Pentimalli et Di Christina, *Archiv. d. Fisiol.*, t. VIII, p. 131 ; 1910.

([4]) Chistoni, *Arch. int. de Physiol.*, t. XIV, p. 201 ; 1914 ; — Galeotti et Di Jorio, *Arch. di Fisiol.*, t. XII, p. 401 ; 1914.

La dégénération du cœur peut entraîner la mort; les vaisseaux sont, d'ailleurs, moins élastiques, et leur rupture a lieu fréquemment : d'où les hémorragies foudroyantes. A cet égard, on observe, comme aux confins de la vieillesse, une dégénération des tissus, leur sclérification, l'artério-sclérose. Les observations de Lian (1) ont conclu à l'*hypertension artérielle* chez tous les grands buveurs.

Enfin les *troubles nerveux*. Lussana, qui expérimenta avec des doses moyennes de 2 grammes par kilogramme, vit s'affaiblir la tonicité musculaire et les mouvements réflexes, ce qui est l'effet d'une dépression nerveuse (2). Et quand on recherche la présence de l'alcool dans les organes, on constate qu'il se localise de préférence dans le cerveau, dans le bulbe, arrêtant finalement le jeu de la respiration et produisant l'asphyxie (3). La mort des alcooliques est souvent une mort asphyxique et soudaine.

On observe d'autres manifestations de l'alcoolisme, qui sont les plus connues : tremblement caractéristique des mains, maux de tête, vertiges, crampes, hallucinations des sens, cauchemars, et surtout le *delirium tremens*, crise violente où la conscience s'évanouit et rend l'homme capable de tous les crimes. Même quand il est encore éloigné de cet état aigu, le *contrôle* de ses sensations et l'association de ses idées sont moins bien assurés; l'esprit est flottant; on est diminué moralement et physiquement.

L'alcoolique résiste peu aux maladies infectieuses ; c'est sur lui que s'acharne la *tuberculose*, c'est en lui que s'accumulent toutes les tares et les germes de morbidité que, par une loi physiologique fatale, il léguera à sa descendance (4); ses enfants, débiles, atrophiés ou idiots meurent en bas âge. Ne serait-ce pas à cette *loi d'hérédité* que les premiers législateurs avaient songé lorsqu'ils annoncèrent aux coupables

(1) C. Lian, *Bull. Acad. de Médecine*, du 9 novembre 1915.
(2) Lussana, *Arch. di Fisiol.*, t. X, p. 269 ; 1913.
(3) Sabbatani, *Ibid.*, t. VII, p. 49-80 ; 1909.
(4) Stookard et Papanicolaou, *The American Naturalist*, t. L, février et mars 1916.

humains que Dieu les punirait dans leurs descendants jusqu'à la quatrième génération!... L'alcoolique est impropre aux travaux qui exigent de l'*attention* et de la délicatesse, de la précision dans les mouvements. S'il se blesse, s'il a une fracture, sa guérison est longue et difficile. Il est bien plus vite à charge à la société. Comment la société pourrait-elle ne pas le traiter avec mépris? [Voir, sur l'organisation de la lutte antituberculeuse et antialcoolique, un bel article d'Albert Robin (1), et une discussion très intéressante entre Chauveau et Landouzy (2).]

XLVI. — **Conditions physiologiques.** — L'organisation du travail est fondée aussi sur les *aptitudes individuelles* et l'état général de l'organisme (voir chap. II). Un examen médical attentif permettra de savoir si la profession que l'on veut suivre s'accorde avec les ressources physiologiques. Les *travaux intellectuels* et *ceux de vitesse* épuisent l'énergie nerveuse cérébrale, surtout quand il faut les prolonger. Les penseurs dont la santé est faible, dont le potentiel nerveux est bas, sont contraints de couper leur travail par de fréquents repos et de ne pas entreprendre une œuvre de longue haleine : le lien qu'ils doivent mettre entre leurs idées, les proportions à établir entre les parties d'un tout immense et complexe, les obligeraient à un effort d'attention dont ils ne sont pas capables. Pour peu qu'ils s'obstinent dans cet effort, des troubles de l'ouïe et de la vue, une impatience de *neurasthénique* les avertissent du danger, la neurasthénie n'étant qu'une forme de l'épuisement nerveux. Dans les exercices manuels, ces troubles affectent la coordination des mouvements : le sportsman cesse d'avoir un jeu assuré; les dactylographes, sténographes, typographes manquent les mots; les couturières « ratent » les points. Leur sensibilité, en général exquise, ne peut être suppléée par la volonté ; il

(1) A. Robin, *Bull. Acad. Méd.*, 15 juillet 19.3.
(2) A. Chauveau, *C. R. Acad. Sciences*, t. CLXII, p. 855 et 932 ; juin 1916. — L. Landouzy, *ibid.*, p. 903 et 967.

y faut donc une disposition organique. De ces exercices, les *alcooliques* doivent être écartés absolument. J'en dirais presque autant des sujets *anémiques*. Dans les *travaux de force*, les luxations, entorses « coups de fouet », déchirures, sont assez fréquents ; il y faut une constitution robuste, exempte de *tares* qui prédisposent aux accidents. Ne conviennent pas à ce genre de travail les *alcooliques*, parce que leur myocarde est déprimé et sujet aux défaillances ; les *diabétiques*, parce que leur puissance musculaire est réduite au moins de moitié (1) ; les grands tuberculeux, les hernieux, etc. Il est clair que les blessés de la guerre et les accidentés du travail, les premiers tout spécialement, devront faire l'objet d'un examen qui suppute leur degré de résistance physiologique à la fatigue.

On doit écarter des travaux durs les enfants qui n'ont pas atteint *dix-huit ans*, et les *femmes*, car ils manquent de la force nécessaire, vu leur maigre musculature. Ces dernières sont affaiblies par les *menstruations* (règles) et la *grossesse ;* les douleurs, la lassitude des lombes et des jambes persistent 4 à 5 jours après chaque menstruation. Et du fait de la grossesse, l'utérus envahit l'espace sous-diaphragmatique, comprime le cœur et diminue l'amplitude des respirations.

Les muscles thoraciques sont en contraction forcée, ce qui met dans un réel état de fatigue permanente, ajoutée à un ralentissement de la nutrition. Durant cette période, le milieu industriel est funeste aux femmes, car elles sont devenues très sensibles aux substances toxiques et aux germes infectieux (2), lesquels,en passant du corps de la mère à celui de l'enfant, seront pour ce dernier une cause de dépérissement ou de mort. C'est ici ou jamais que l'hygiène sociale exercera utilement sa prévoyance, en préparant la résistance de la race et organisant la prophylaxie.

L'attention se portera enfin sur l'état de nos *sens*, rare-

(1) Ducceschi et Albarenque, *Archiv. di Fisiol.*, t. VIII, p. 589-600; 1910.
(2) Lewin, *Berl. Klin. Wochensch.*, p. 701 ; 1905.

ment parfait. Il convient de corriger la *vision des myopes* pour qu'ils n'aient pas à se pencher sur leur ouvrage; sinon le corps se déforme (*scoliose des écoliers*) et se fatigue dans une plus large mesure. L'horizon des myopes est borné; les lentilles concaves semblent l'agrandir et l'éclairer; ils modifient alors leurs attitudes, rectifient leurs mouvements, apprécient mieux les *proportions relatives* des objets. — Cette correction est indispensable aux bijoutiers, ciseleurs, graveurs, typographes — aux écrivains, aux écoliers.

La *vision des couleurs* demande à être surveillée chez les peintres, décorateurs, teinturiers, conducteurs de trains. La personne qui néglige cet examen de la vue peut s'attendre à des déboires nombreux.

L'*ouïe* donne à l'ouvrier son allure normale comme elle donne la note au chanteur, le ton à l'orateur; elle rythme la phrase. Elle règle aussi le mouvement des outils dont l'action est périodique (rabots, scies, limes, etc.). Les forgerons, terrassiers, par exemple, frappent de leurs marteaux sans que ces instruments se rencontrent. L'audition *bi-auriculaire* contribue à situer exactement l'origine des sons; elle est d'ailleurs beaucoup plus fine que si une seule oreille entendait. — Il importe, enfin, à certaines professions que ceux qui les exercent aient un *odorat* bien aiguisé. Tels les pharmaciens, œnologistes, marchands d'huile, cuisiniers. L'odorat peut s'affiner à l'usage, comme il se fatigue sous l'influence continue des odeurs (cas des mégissiers, égouttiers).

On poursuivrait encore l'exposé du *sens du toucher*, mais il en a été parlé incidemment et nous y reviendrons au sujet des *aveugles;* c'est donc assez pour clore ce bref aperçu sur les facteurs internes de l'activité humaine.

XLVII. — B. Facteurs externes du travail : milieu atmosphérique. — Je serai, pour la même raison, parcimonieux de détails sur les facteurs externes, dont le principal est la *température de l'air*. Quand cette température s'abaisse, les

échanges respiratoires sont activés, la production calorifique augmente et permet à notre corps de rester à son niveau thermique normal. C'est par l'intermédiaire des contractions des muscles cutanés, du *frisson* (Ch. Richet) que ce phénomène de suractivation a lieu; il est d'origine réflexe périphérique (1). A mesure que la température extérieure s'élève, on a moins besoin de cette *thermogénèse*. Dès 20°, l'organisme entre dans la zone des températures indifférentes, et le minimum d'échanges respiratoires correspond à 27° ou 28° (2). Mais, par suite de l'effort de contraction des muscles, et sous peine de le diminuer beaucoup, il ne faut pas travailler dans un milieu chauffé au delà de 18°. En été, ou dans les *climats chauds*, les muscles sont rapides, mais incapables d'action soutenue; c'est la fibre elle-même qui est déprimée, car les centres nerveux sont peu affectés par des températures de 35 à 40° (3).

Les déchets toxiques deviennent abondants; il y en a dans le sang, la sueur, les urines. Il est alors nécessaire de nettoyer l'intérieur des organes par une alimentation végétale sobre et par l'usage de boissons où domine l'eau, comme aussi de nettoyer l'extérieur en lavant souvent et proprement la surface cutanée.

En *hiver*, ou dans les *climats froids*, les mouvements sont paresseux, lents, mais capables d'une action soutenue; les réactions nerveuses manquent de vivacité, et il arrive que l'ouvrier coordonne mal ses gestes et les nuance sans délicatesse. J'ai constaté, dans plusieurs ateliers, que le meilleur travail se développe dans une température de *13 à 14°*, quand les pièces sont vastes et bien aérées. Les bureaux et appartements doivent être chauffés à 17-18°. Pour les personnes tenues au repos, il est utile que la température de l'air ne s'abaisse pas au-dessous de 17°.

L'atmosphère nous soumet, d'ailleurs, à des influences

(1) Sjöström, *Skand. Arch. f. Physiol.*, t. XXX, p. 1 : 1913.
(2) Ignatius, Lund et Wärri, *Ibid.*, t. XX, p. 226 : 1908.
(3) Broca et Richet, *Arch. de Physiol.*, p. 871 ; 1897.

variées : *pression barométrique*, *état hygrométrique* (humidité ou sécheresse), *courants aériens*, *poussières*, etc. Les inconvénients qui en résultent sont multiples. C'est à l'excès de chaleur et d'humidité qu'il convient de remédier, dans les tissages et filatures, en utilisant des ventilateurs appropriés; autrement, de graves accidents se déclarent dans l'économie: la transpiration diminuant en milieu chaud et saturé, il s'ensuit une rétention des substances toxiques dans le sang, un empoisonnement que trahit l'aspect anémié des travailleurs des filatures, et leur moindre résistance aux infections.

L'influence de la *pression barométrique* et de l'*altitude* est également intéressante; mais c'est une question complexe pour laquelle nous renvoyons à notre ouvrage (*Le Moteur humain*, p. 322-332). Et le froid ajoute son effet à celui de l'altitude : l'organisme est, par eux, affaibli ; la fatigue survient rapidement; et tandis que le cœur demeure normal, avec une pression artérielle constante (1), on voit au contraire la puissance musculaire s'abaisser et les centres nerveux fonctionner irrégulièrement (2). Un ingénieur a même pu écrire qu'à 5.000 mètres d'altitude, « une mine de louis d'or tout battus ne serait guère exploitable ».

Nous signalerons aussi le cas du travail dans l'*air comprimé*, pour les ouvriers des cloches à plongeurs et les scaphandriers. Il donne lieu à la « maladie des caissons ». La respiration se ralentit; l'air comprimé se dissout dans le sang en plus grande masse, et, en le quittant au moment de la décompression, se dégage dans le tissu cellulaire. Il en résulte des démangeaisons, des piqûres et parfois des tuméfactions. L'instant le plus redoutable est celui de la sortie du caisson. « On ne paie qu'en sortant. » Les *embolies* gazeuses sont plus dangereuses et plus fréquentes chez les sujets gras ; elles peuvent être mortelles.

A la plongée, c'est un *tintement* dans les oreilles, quelque-

(1) GUILLEMARD et REGNIER, *C. R. Ac. Sc.*, 8 novembre 1913.
(2) A. MOSSO, *Fisiol. del uomo sulle Alpi*, p. 7, 11; Milano, 1897 (2e édit., 1910).

fois douloureux, et que l'on fait disparaître par un mouvement de déglutition. Durant le travail, on éprouve une certaine difficulté de mouvement, et comme de la rigidité aux articulations.

Enfin, la pression artérielle augmente de 1 à 3 centimètres [1], et dénote un excès de travail du cœur ; il y a une disposition marquée à la fatigue. Le sang présente les caractéres de l'anémie : diminution du nombre d'hématies et de la dose d'hémoglobine, persistant même quand le travail a cessé ; ce qui est l'indice d'un certain trouble de l'hématopoïèse [2].

XLVIII. — **Vêtement.** — Contre la température nous nous défendons en nous couvrant plus ou moins ; mais contre les variations de pression atmosphérique et l'humidité, nous sommes mal protégés.

Le choix du *vêtement* doit satisfaire à une triple condition : soustraire le corps au froid ou à l'ardeur du soleil, — permettre une facile transpiration cutanée, — et laisser aux membres toute leur liberté.

La *laine* est le tissu hygiénique par excellence ; toutefois, en été, on peut recourir à la *flanelle de coton blanche*, qui absorbe très peu les rayons solaires, et s'oppose à une rapide évaporation de la sueur. Les ouvriers qui exercent de rudes métiers feraient sagement d'employer toujours des vêtements de laine plus ou moins légers. Il faut remplacer la ceinture par des bretelles élastiques, et ne pas se serrer dans un vêtement qui gêne la circulation et la respiration ; une ceinture bien sanglée empêche les efforts soutenus et diminue l'amplification thoracique. Est-il nécessaire d'ajouter que la propreté du vêtement concourt à la santé de celui qui le porte, et montre qu'il est soigneux, attentif, ordonné.

XLIX. — **Distractions. — Spectacles. — Repos.** —

(1) A. Javal, *C. R. Ac. Sc.*, 22 novembre 1913.
(2) Solovtsov, *Rousski Vratch*, t. XIII, p. 511, 616 ; 1914.

Nombreux les facteurs externes que je ne puis mentionner dans cet aperçu, et qui favorisent ou contrarient l'activité humaine. Mais je voudrais dire un mot des *distractions* et *spectacles ;* ils sont utiles ; ils sont même nécessaires ; dans l'existence uniformément dure de l'ouvrier, ce sont de véritables reconstituants nerveux ; les excitations qu'ils apportent aux *sens* déterminent un renforcement des réactions motrices musculaires. Si, comme on s'en est assuré expérimentalement, ces excitations sont parfois désagréables, inhibitoires, l'ouvrier les fuit. Par conséquent, tout spectacle recherché, et qui n'est pas malsain, constitue un facteur de travail. Une *salle de récréations*, tout près des ateliers et des usines, est vite payée par l'augmentation de la production qui résulte du contentement des travailleurs.

Les moments de *repos* de la journée trouveront là un excellent emploi. Et j'imagine qu'une partie du *repos hebdomadaire*, l'ouvrier s'habituera à la consacrer aux promenades instructives et récréatives, ou simplement aux spectacles ; le reste étant destiné à la vie domestique, aux affaires de sa famille, à son « home ». S'il règle son existence, s'il a un peu de méthode, ces dernières occupations seront aisées et passagères ; le repos hebdomadaire sera donc ce qu'il doit être humainement, physiologiquement, le repos qui répare l'organisme, une véritable trêve dans la fatigue. Combien d'hommes le comprennent ainsi ? — Il ne serait pas difficile de les compter.

L. — **Outillage et travail.** — Je noterai, en terminant, que les conditions mêmes du travail musculaire, réglées quant à l'effort, la vitesse, le temps d'emploi, sont aussi des facteurs proprement externes — et les principaux. Nous les avons, d'ailleurs, développés en tête de ce chapitre. Reste la question de l'*outillage*. C'est l'évidence même que chaque personne se compose un outillage adéquat à son genre de travail, et choisisse les meilleurs instruments, et adopte l'attitude qui diminue le plus sa fatigue. Il en est ainsi pour

lire et écrire, coudre ou broder, observer et expérimenter. Il doit surtout en être ainsi pour l'ouvrier, et tout particulièrement pour le blessé, le mutilé qu'on *rééduque* ou *réadapte*. — Trois conditions demandent à être réalisées :

Disposer l'atelier pour qu'il n'y ait pas de temps ni de forces perdus ;

Rechercher la forme, les qualités, l'allure pouvant assurer le rendement maximum des outils et favoriser l'usage des machines ;

Remplir, dans l'atelier, les conditions de température, d'éclairage et d'aération compatibles avec une activité normale.

J'illustrerai ces principes par un exemple tiré de l'*Art du maçon*, spécialement étudié par Gilbreth [1].

1° Le maçon est-il *gaucher?* — On changera de place briques et mortier pour rendre les mouvements plus commodes ;

2° Les paquets de briques auront de 27 à 40 kilogrammes suivant la force des sujets, et on aura un marteau de 1^{kg},800 pour casser, de 1^{kg},950 pour creuser, une pelle de 9^{kg},750 pour remuer les matériaux, et deux truelles différentes pour briques ordinaires et briques agglomérées ;

3° Briques et mortier seront disposés par un *aide* à portée de la main du maçon, afin qu'il saisisse la brique d'un mouvement naturel, par l'effet de la pesanteur, et non par un geste contraint; et surtout qu'il n'ait pas à se baisser, à se déplacer, à imprimer à son corps de grandes oscillations ;

4° On ne ramassera pas le mortier tombé pendant le travail ; on n'ouvrira pas une poche de ciment en déchirant les papiers et séparant les morceaux; mais d'un coup de pelle on fendra le papier à la base du sac et on le videra en tirant par un bout. Enfin, il coûte moins de combler avec du bon ciment un intervalle inférieur à une demi-brique que

(1) Frank GILBRETH, *Motion Study*, 1911.

d'en broyer une ou d'en chercher un morceau qui comble cet intervalle [1].

A ces mesures qui hâtent et simplifient le travail, ajoutons celles qui économisent l'effort de l'homme, qu'il s'agisse d'un outil nouveau, permettant de faire l'ouvrage sans fatigue, ou des machines perfectionnées dont la commande est un jeu pour l'ouvrier. Quand on songe au grand nombre de mutilés et d'impotents qui trouvent, dans cette transformation de l'outillage, le moyen de se faire valoir et d'assurer leur existence, on doit souhaiter que de tels progrès se poursuivent dans nos industries, trop lentes, malheureusement, à secouer le joug de la routine.

Ces simples indications permettent d'apprécier l'importance de l'organisation rationnelle de l'outillage et de la main-d'œuvre, l'économie qu'elle procure et les enseignements dont elle est maîtresse incomparable. Sans elle, l'*art de travailler* n'existerait pas, art qui est la source de toute prospérité.

[1] Voir les détails dans *Le Moteur humain*, p. 575 à 583.

CHAPITRE VI

L'ART DE TRAVAILLER

L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

LI. — L'activité humaine offre des modalités infinies qu'il est nécessaire d'analyser en leurs éléments divers, *mécaniques*, *physiologiques*, *psychologiques*, afin d'y apporter tous les progrès désirables.

L'œuvre sociale urgente consiste précisément dans la recherche des moyens propres à développer et consacrer à des fins utiles les ressources d'énergie de l'homme. En cela, elle intéresse l'économiste et l'ingénieur, le législateur et le médecin, les parents et les maîtres; car elle est tour à tour *Énergétique sociale*, *Travail professionnel*, *Éducation physique*.

Le grand nombre de blessés que la guerre a faits dans le monde entier rattache à cette science des mouvements les procédés de la *rééducation fonctionnelle*, branche importante de l'éducation physique.

L'activité de l'homme est *une* quant à ses lois essentielles; mais ses formes, ses aspects sont variés comme ses applications; nous en limiterons l'exposé à ce qui est indispensable pour une étude rapide.

LII. — A. **Travail professionnel. Exemples de l'ouvrier limeur et du menuisier** (1). — On se fera une juste idée de

(1) Jules Amar, *Journal de Physiologie*, p. 62; 1913.

la méthode qui nous inspire par l'exemple suivant concernant le *travail à la lime*. Ainsi qu'il a été montré plus haut, l'outil se trouve agencé de manière à tracer directement tous les efforts de l'ouvrier. Ce qui donne, *graphiquement*, la forme



FIG. 45. — Travail d'un apprenti limeur et analyse de sa fatigue.

et la vitesse des mouvements, la notion précise de leur régularité ou de leur imperfection, et la grandeur des forces musculaires dépensées.

D'autre part, l'*énergie* que l'organisme consacre au travail est évaluée en calories, très exactement, d'après la mesure et l'analyse des échanges respiratoires. Les appareils employés sont représentés sur la figure 45, où il s'agit d'un

jeune apprenti limeur. On y voit la *soupape buccale* maintenue par un arc métallique qui s'adapte au sommet de la tête. L'air pur est amené du dehors par une large canalisation, et les gaz expirés vont s'accumuler dans un compteur où, plus tard, on prélèvera un échantillon pour l'analyser. Essayée d'abord et plusieurs fois sur nous-même, cette technique a fait ses preuves de simplicité et de fidélité pendant une dizaine d'années, aussi bien sur les ouvriers parisiens, et les soldats, que sur les indigènes de l'Afrique du Nord, environ un millier de personnes. Elle est donc applicable *universellement*, et, à ce titre, éminemment scientifique.

La manœuvre des *grosses limes*, étudiée conformément

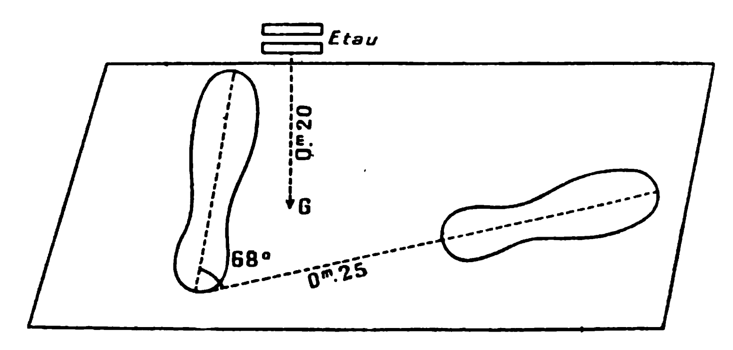


Fig. 46. — Attitude économique du limeur.

aux règles précédentes, s'est révélée parmi les plus intéressantes à considérer. Confiée à un *bon ouvrier*, adroit, entraîné, elle fournit, à l'analyse graphique, des courbes régulières, sans dépense excessive de force; l'action musculaire est égale, disciplinée, et les respirations sont uniformes; c'est ce que nous a montré le tracé de la figure 25 (p. 59).

En corrigeant les petits défauts d'attitude de l'ouvrier, en rectifiant ses habitudes routinières, d'après les résultats des mesures dynamiques et énergétiques, nous avons pu déterminer la *position normale des pieds*, la distance du corps par rapport à l'étau, verticalement et horizontalement, les

rapports des mains avec l'outil (*fig.* 46). Dans ces conditions, la fatigue diminuait sans nuire au rendement journalier.

On peut vérifier, sur la figure 25, la grande régularité du travail, l'action bien horizontale de la lime se traduisant par des courbes égales, et les retours à vide comme il convient ; le limeur travaille, en outre, à une cadence normale, le *coup de lime* développant toute la longueur utile de l'instrument. Après huit mois de recherches, nous avons réussi à dégager les lois du maximum de production pour la moindre fatigue, le métal étant du laiton, et la lime, une *demi-douce* de $0^{m},35$:

« Le corps du sujet doit être vertical, sans raideur, distant de $0^{m},20$ de l'étau, et ce dernier au niveau de l'ombilic ; la position des pieds telle que leur angle d'ouverture soit de 68° et la distance entre les talons de $0^{m},25$; le bras gauche en complète extension et appuyant sur l'outil un peu plus que le bras droit : $8^{kg},500$ et $7^{kg},500$ pour leurs efforts respectifs. Les retours de la lime doivent consister en un simple glissement sans appui des bras. Enfin, le rythme des mouvements est de 70 par minute.

« Toutes ces conditions étant remplies, on fera suivre *un travail de* 5 *minutes d'une minute de repos complet*, les bras tombant le long du corps.

« Respirations et battements du cœur ne subissent alors qu'un accroissement moyen de 25 et 20 0/0, comparativement à l'état de repos. La fatigue locale de l'avant-bras droit est supportable, et la fatigue générale se laisse voir à peine. Le travail maximum est au moins *double* du travail ordinaire de la grande majorité des ouvriers. »

Ce sera, dans notre cas, 600 grammes de limaille de laiton par journée de 7 heures de travail effectif.

LIII. — Cas des apprentis. — A côté de ce *rendement idéal*, on trouve un *rendement moyen*, celui que fournissent la plupart des ouvriers qui savent un métier et sont constitués normalement. Il varie peu, et correspond à des tracés d'efforts *analogues* et *réguliers*. On remarque, en effet, que

l'action musculaire s'exerce et se décompose de la même façon, ou presque, pour tous ces hommes, quand ils ont à manœuvrer le même outil. Elle ne varie qu'en valeur absolue, surtout si l'ouvrier manque d'habileté, à plus forte raison si



FIG. 47. — Graphique du travail d'un apprenti limeur.

c'est un *débutant*. Mais dans le cas d'une *atrophie des muscles*, d'une *impotence fonctionnelle* qui diminue la force et l'amplitude des membres, les tracés deviennent *irréguliers*, l'action musculaire est inégale et franchement anormale.

Chez le débutant qui manœuvre une grosse lime, les efforts sont considérables, inégaux, mal dirigés, trop brusques. Au bout de *deux minutes*, le jeune homme est essoufflé, ses respirations sont accidentées et procèdent par saccades (*fig.* 47); rien de plus intéressant que de les comparer à celles d'un bon ouvrier. Un arrêt s'impose, qui n'est pas le repos voulu et réparateur; le gaspillage d'énergie atteint 66 0/0 sur le meilleur rendement.

L'apprenti semble se précipiter sur l'étau, il penche le buste en avant et le redresse au retour de la lime; ces oscillations du corps l'épuisent, d'autant plus que pour se donner un élan dans l'aller de l'outil, il place mal ses pieds, manque de stabilité, et stérilise, en un mot, une partie de son activité. Oscillations et maladresses sont frappantes quand on vient à *cinématographier* le jeune homme devant l'établi. Généralement, les prétendus instructeurs, pour corriger les débutants, leur conseillent de se tenir droits et raides. Or, cette absence de souplesse crée des contractions fatigantes dans les muscles du tronc; c'est, d'ailleurs, le défaut habituel qui s'appelle « gaucherie »... Il y a du gribouille dans l'apprentissage classique (voir p. 197).

Nous avons, à titre de démonstration, formé un *apprenti*, jeune homme de 15 ans, en le guidant d'après la méthode graphique. Il lisait lui-même, dans l'irrégularité du tracé, l'effet de son inexpérience, et se rectifiait à propos; il s'assurait, par le poids de la limaille enlevée d'heure en heure, de la vérité des principes scientifiques de travail, et, à côté des renseignements individuels, il recevait une véritable leçon de choses de l'ouvrier qui, dressé intelligemment, fait plus de besogne utile et prodigue moins ses forces. Les courbes dynamographiques et les valeurs de la consommation d'oxygène en témoignent.

Ayant fixé les idées par cet exemple du travail à la lime, nous n'avons pas besoin de détailler les éléments du travail à la *varlope* de menuisier (*fig.* 48). C'est encore une action périodique, un va-et-vient supposant un rythme et un effort déter-

minés. Notre dispositif permet, comme il a été dit, de discipliner les mouvements et de les orienter convenablement. On



FIG. 48. — Soldat martiniquais travaillant à la varlope inscrivante pendant la guerre de 1914.

discipline également les efforts : un circuit électrique, fermé sur une sonnerie par le style inscripteur et un contact, permet de régler à 5, 10, 15 kilogrammes la pression de la main, car la

sonnerie se fait entendre dès que la valeur choisie se trouve dépassée. De sorte que l'apprenti peut se régler et même acquérir, en peu de temps, le *sens de l'effort*, la notion du *travail régulier*. Vient-on à lui changer le bois de la planche qu'il

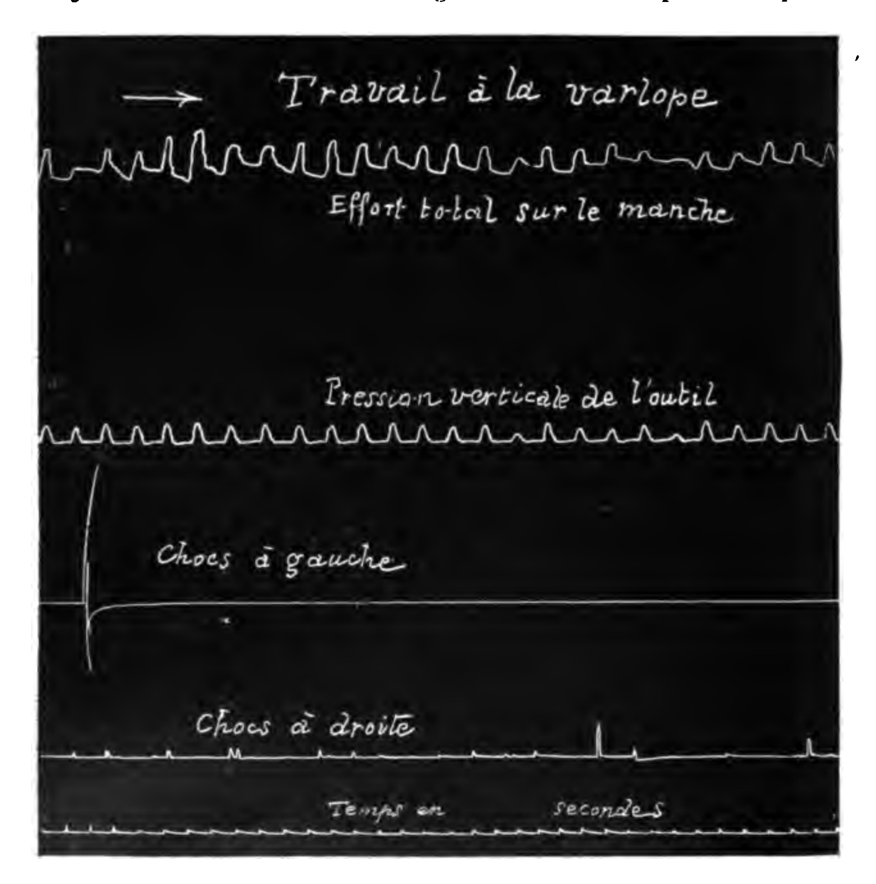


Fig. 49. — Travail d'un apprenti menuisier.

rabote, il s'aperçoit de la variation que son effort en éprouve, et il se fait une expérience rapide de la valeur de ses outils. La pression totale sur le manche, dans le cas d'une varlope bien conditionnée, atteint 25 kilogrammes en moyenne; la pression sur le bois 12 kilogrammes; il en résulte une résistance opposée au fer de l'outil égale sensiblement à

22 kilogrammes. Les muscles d'un apprenti ou d'un blessé peuvent être surmenés par un exercice prolongé de ce genre. Mais il est clair que de nombreux facteurs modifient la force nécessaire pour ce travail (nature du bois, épaisseur des copeaux, etc.), surtout l'instruction technique (*fig.* 49).

LIV. — Cas des incapacités de travail. — Toutes différentes sont les conditions d'activité des sujets atteints, à un degré quelconque, d'une *incapacité fonctionnelle*, ou d'une *mutilation*. Il s'agit des *accidentés du travail* et des nombreux *blessés de la guerre*. La question a été réservée. Mais nous ferons de suite ressortir le rôle *pédagogique* de la méthode précédente pour rééduquer et réadapter tous ces blessés, déceler l'importance de la diminution physique qu'ils ont subie, et guider le choix des métiers.

L'*apprentissage*, à quelque personne qu'il s'adresse, exige une réforme conçue d'après les données de cette expérimentation.

LV. — Transport des fardeaux. — En 1907, nous eûmes l'occasion d'étudier le *transport des fardeaux* conformément aux règles qui viennent d'être exposées ([1]). Des centaines d'ouvriers et de soldats furent mis à notre disposition pendant plusieurs mois. Indiquons seulement les résultats obtenus :

1° *Marche en palier*. — Sur un terrain bien horizontal, la vitesse de marche la plus économique est de *4^{km},500* à l'heure. Elle permet de faire, *à vide*, 45 à 50 kilomètres par jour, avec des repos de 2 minutes à chaque kilomètre.

Quand on est chargé, l'allure économique, celle qui coûte le moins à l'organisme, est celle de *4^{km},200*, le fardeau étant de *20* à *22 kilogrammes*. Mais pour réaliser le *maximum* de rendement journalier, il faut : Charge de *45 kilogrammes*. Vitesse horaire de *4^{km},800*. Durée du travail : 7 heures et

([1]) Jules Amar, *Le rendement de la machine humaine*, Thèse ; Paris, 1909 (épuisé).

demie, avec repos de 2 minutes tous les 600 mètres. Un adulte de 25 à 40 ans pourra transporter les 45 kilogrammes sur une distance moyenne de *26 kilomètres* par jour. Mais si la vitesse est augmentée jusqu'à $5^{km},500$, le parcours se réduira presque à la *moitié*, quelque combinaison que l'on adopte pour les intervalles de repos. Multipliant la distance en *mètres* par le poids en *kilogrammes* de l'homme chargé, nous aurons au plus *trois millions de mètres-kilogrammes* comme production journalière, la moyenne étant de 2.500.000 mètres-kilogrammes. L'expérience a donné $\frac{1}{2}$ *calorie pour prix de 1.000 mètres-kilogrammes.*

Il convient de noter que dans le transport des gueuses de fonte, pesant chacune 42 kilogrammes, Taylor (1912) obtint des résultats analogues, soit 2.500.000 mètres-kilogrammes; toutefois l'allure et les repos ne concordent pas tout à fait avec les nôtres, et les méthodes elles-mêmes sont différentes. Mais cela n'en est que plus intéressant. A l'égard du *fantassin*, il est avantageux de constituer un chargement total de 30 kilogrammes, l'allure normale ne dépassant pas 5 kilomètres à l'heure.

Au point de vue de la marche des troupes, il y a lieu d'insister sur une pratique assez mal comprise, qui consiste à *reposer* les hommes par quelques minutes de *piétinement*. Or le piétinement est dispendieux; le *pas piétiné* coûte, en énergie, le tiers et parfois la moitié du *pas marché*. Nous avons mesuré cette dépense d'énergie et trouvé qu'elle augmente en proportion de la *cadence* et de la *hauteur* à laquelle les pieds sont levés. Il faut donc modérer le piétinement quant aux deux facteurs qui le constituent, pour le réduire à un simple massage qui « dégourdisse les jambes ».

LVI. — 2° *Déplacement sur escalier.* — Dans le transport des fardeaux sur escalier, les conditions du rendement maximum sont : Charge de 40 kilogrammes. Vitesse horaire de 430 mètres. Durée totale de 7 heures, en prenant des

repos de 2 minutes à chaque voyage de 8 mètres de hauteur.

Alors on dépense 8 calories par 1.000 *kilogrammètres*, c'est-à-dire que l'unité appelée kilogrammètre (¹) équivaut, au sens énergétique du mot, à *16 fois* l'unité conventionnelle appelée mètre-kilogramme. En d'autres termes, on éprouve la même fatigue à parcourir 16 mètres en palier qu'à s'élever à 1 mètre de hauteur dans le même temps.

Quand on *descend* un escalier, la contraction des muscles est moindre que dans l'ascension ; elle s'emploie surtout à *réfréner* la chute et travaille d'autant moins que la descente est plus rapide. On peut évaluer à *50 0/0* l'économie d'énergie ainsi faite par les muscles, de sorte qu'on dépense à peine 4 calories par 1.000 kilogrammètres de descente.

LVII. — 3° *Marche sur terrains inclinés.* — Le problème de la marche sur terrain en pente méritait une étude spéciale,



FIG. 50. — Étude de la marche sur un plan incliné (fantassin).

qui exige une installation expérimentale coûteuse. Je me bornerai ici aux quelques résultats que m'ont permis d'ob-

(¹) On sait que le kilogrammètre est l'unité de *travail;* c'est le travail que l'on produit en portant un poids de 1 *kilogramme* à la hauteur de 1 *mètre*, ou bien en exerçant un effort de 1 kilogramme le long d'un chemin égal à 1 mètre.

tenir des moyens de fortune (*fig.* 50), et auxquels n'a guère ajouté la récente contribution des laboratoires Carnegie [1].

La pente de mon plan incliné variait de 8 à 13 centimètres par mètre. Appelons *i* cette inclinaison (en centimètres). Le parcours L', sur un sol en pente, se déduit du parcours L sur terrain plat, grâce aux relations suivantes :

A la montée :

$$L' = \frac{L}{1 + 16i}.$$

A la descente :

$$L' = \frac{L}{1 + 10i}.$$

Ces relations sont approchées, mais très suffisantes en pratique.

LVIII. — 4° *Cyclisme professionnel.* — Des très nombreuses expériences, effectuées avec notre *cycle ergométrique*, nous avons tiré cet enseignement que la cadence *normale* des coups de pédale est de 45 à 46 par minute. Elle correspond à une allure économique de *16 kilomètres à l'heure*, n'entraînant pas de surmenage. D'après Léo Zuntz, les 1.000 mètres-kilogrammes reviennent à *0,27 calorie*, la moitié de ce que coûte la marche à pied.

La bicyclette doit toujours convenir à la taille du cycliste, pour la hauteur de la selle et la longueur du levier de la pédale. Et il faut savoir surveiller l'attitude du corps afin d'en réduire les oscillations, et diminuer la courbure du buste.

Le parcours journalier sera déterminé après examen de l'état physiologique de la personne, qui, de toutes façons, mais spécialement si elle pratique les sports, devra s'interdire l'usage des boissons alcooliques.

Lorsque la bicyclette est chargée, ou pousse un véhicule, ce qui est le cas des livreurs, la vitesse sera diminuée en

[1] Benedict et Murschhauser, *Energy transformations during horizontal Walking*, public. n° 231 ; Washington, 1915.

proportion de la charge. En supposant que les roues des deux véhicules aient même rayon, que la charge à transporter soit d'un poids P, l'allure sera :

$$v = \frac{35}{\sqrt{P}},$$

v étant exprimé en kilomètres à l'heure et P en kilogrammes. Cette formule est déduite de la considération des forces vives du mobile et du moteur. Toutefois, le fardeau ne saurait être tel que *v* fût inférieur à 5 kilomètres.

LIX. — 5° *Travaux agricoles.* — Le cultivateur devra, désormais, dans une très large mesure, pratiquer la *culture mécanique*, et employer les petits moteurs. Nous en verrons l'utilité à propos des blessés de la guerre. Mais nous donnerons brièvement quelques indications sur le *meilleur rendement* des travaux de la terre :

Le pellage ou *pelletage* exige l'emploi d'une pelle de $1^{kg},700$, qui, chargée, ne pèsera que $10^{kg},250$ au plus. L'effort de poussage dans la terre est de 15 kilogrammes en moyenne.

La *brouette* aura une charge de 100 kilogrammes, donnant une pression aux brancards de 20 kilogrammes et une résistance au roulement de 4 kilogrammes seulement. Il est très avantageux d'employer une *brouette à deux roues*.

Au point de vue *agricole* proprement dit, chaque plante, chaque terrain constituent un problème à données variables : nature du sol, nature et quantité des engrais, proportion et pression de l'eau d'arrosage, préparation de la terre, germination des graines, nombre de plants par unité de surface, fauchage, lutte contre les parasites et les orages, époques propices à chacune de ces opérations, outillage perfectionné ; toutes questions que nous ne pourrions détailler sans sortir de notre programme.

Nous renverrons donc, pour le développement, au livre VI du *Moteur humain*.

LX. — B. **Éducation physique et rééducation fonctionnelle.** — L'organisation physiologique du travail a, dans notre pensée, un but essentiellement utilitaire. Les sports de *luxe* et les *prouesses* nous intéressent peu : un manœuvre solide et entraîné vaut infiniment mieux que l'athlète le plus en renom; les *courses de chevaux*, qui reviennent si cher à nos populations, ne serviront jamais au progrès de la race chevaline. La guerre a, je crois, dessillé tous les yeux à cet égard.

Cependant, comme hygiène efficace, et discipline corporelle, l'*éducation physique* possède une vertu très puissante dont il faut savoir tirer parti. Elle apprend à gouverner nos attitudes, approprier nos mouvements, entraîner nos muscles; elle donne leur plein épanouissement aux énergies de l'homme.

Elle ne s'adresse pas exclusivement aux sujets normaux, pour les parfaire et les surélever de niveau physique ; elle étend ses effets aux constitutions débiles, en retard ou en misère physiologique ; elle vise surtout à *rééduquer fonctionnellement* les impotents, si nombreux aujourd'hui. Je ne sépare point l'éducation de la rééducation ; elles ont le même but, la même méthode, le même domaine. Les mêmes principes scientifiques les dirigent toutes deux.

LXI. — I. **Principes d'éducation physique.** — Ces principes sont ceux d'une *action musculaire variant, par degrés insensibles, son effort et sa vitesse, pour se régler sur l'état général de l'organisme.*

Cet effort sera *constant*, car il en est ainsi dans les circonstances de la vie, et l'éducation physique ne devra *jamais* solliciter les forces *totales* de l'individu, pour les faire *décroître* ensuite. C'est à tort que de nombreux appareils de *mécanothérapie* appliquent cette loi de l'effort décroissant, connue sous le nom de *loi de Schwann.* La loi de Schwann, formulée par son auteur en 1837, dit ceci : « L'effort *absolu* de contraction, qui reste disponible dans un muscle rac-

courci, diminue à mesure que le raccourcissement augmente ». Notons que la loi de Chauveau exprime le même fait dans une formule inverse, mais plus complète : « La force dévéveloppée par un muscle augmente avec son degré de raccourcissement ou de contraction, et avec la résistance qu'il doit surmonter ». Il s'ensuit que la *puissance musculaire se règle sur la résistance* et ne se prodigue pas en vain ; elle peut s'accroître dans de larges proportions sans mettre en jeu le raccourcissement, de même qu'elle le peut grâce au seul raccourcissement. Elle ne met donc en œuvre la *contraction isométrique* et la *contraction isotonique* (¹) que pour atteindre des valeurs très élevées. Tel n'est point le cas dans une activité normale, et telles ne sont en aucune façon les circonstances propres à *entraîner physiologiquement les muscles.* Quelque modalité que le mouvement doive présenter, l'exercice de l'effort aura pour but de vaincre une *résistance constante*, qu'il sera loisible d'augmenter de jour en jour si l'on veut pratiquer ledit entraînement ; mais la faire varier au cours d'un même exercice, et soumettre la tension musculaire à des changements brusques et à de véritables *chocs*, qui tiraillent les fibres et lacèrent les filaments nerveux, c'est la négation même de toute méthode scientifique d'éducation fonctionnelle.

Du moment qu'il ne doit pas être question, sous peine de surmenage et d'atrophie des muscles, de demander à ces derniers leur effort maximum, rien ne justifie le principe de la résistance variable, même décroissante. Les exercices n'ont de valeur physiologique et ne sont utiles que si les forces mobilisées par eux sont *sous-maximales et continues.* Alors ils produisent toutes leurs conséquences sur l'appareil locomoteur, assouplissant les articulations et développant la puissance des muscles. De même que, poussés à l'excès, ils déterminent la *contracture* et une fatigue élastique des tendons, de même leur usage harmonieux provoque l'irritabilité

(¹) *Isométrique*, sans raccourcissement ; *isotonique*, avec raccourcissem nt.

des fibres nerveuses, musculaires et tendineuses, stimule leur élasticité et augmente leur force; il entraîne une activité circulatoire et respiratoire plus grande qui retentit profondément sur les phénomènes de nutrition. Il en résulte ce qu'on a appelé l'*hypertrophie fonctionnelle*. On voit la masse des muscles s'accroître, non par addition de fibres nouvelles, mais par épaississement des anciennes qui grossissent et mettent en réserve les matériaux azotés (1).

C'est donc un effet total, une action de masse sur des groupes musculaires définis, que réalisent l'éducation physique et la rééducation fonctionnelle. Elles font œuvre de *synthèse*, d'*entraînement synergique*.

L'*analyse* des mouvements est nécessaire dans des cas tout à fait spéciaux et transitoires; mais, en définitive, on se trouve ramené à la synergie telle que l'exige la nature, conformément aux plus sûrs enseignements de la théorie et de l'expérience (2).

LXII. — **Facteurs d'éducation physique. — État organique. — Alimentation. — Saisons.** — Toutefois, il n'y a pas, dans l'éducation physique, qu'un réglage de l'action musculaire. L'esprit du géomètre n'y suffit pas. On doit être attentif à l'*état des organes*, à la puissance cardio-vasculaire, à la souplesse des respirations, et à l'*âge* des sujets. L'*enfant* est naturellement porté à gaspiller ses forces; l'éducateur, tout en laissant cette activité s'épanouir, y mettra la discipline nécessaire, qui préservera du surmenage et des déformations corporelles; il a donc besoin de posséder des notions claires et suffisantes de physiologie humaine. — L'*adolescent* est plutôt exposé à surmener son cerveau dans la fièvre des diplômes, pour la carrière entrevue et les joies du succès. Il faut l'amener à reposer ce genre d'activité dans les occupations d'un exercice physique modéré, dans les

(1) Morpurgo, *Arch. ital. biol.*, t. XXIX, p. 63; 1898.
(2) Voir sur la rééducation fonctionnelle et professionnelle un Mémoire de Jules Amar dans : *Journal de Physiologie*, p. 821-871; 1915.

jeux et la gymnastique, qui rétabliront, s'*il n'y a pas excès*, l'équilibre de ses énergies.

Jusqu'à l'âge de 45 ans environ, les sports dépourvus de violence constituent un puissant facteur d'entraînement pour le système névro-musculaire, et accroissent la résistance organique. A mesure qu'on avance en âge, la fonction des muscles cède le premier rang à la fonction du cerveau ; l'homme s'élève pour ainsi dire en dignité ; il est plus occupé aux choses de la pensée ; il est plus homme... « Toute notre dignité consiste en la pensée », disait avec raison Pascal.

L'éducation physique manquerait son but si elle n'avait le souci de l'intelligence humaine. Toutes les fois qu'elle désignera les exercices propres à délasser les personnes qui travaillent de l'esprit, elle les choisira parmi les plus simples et les plus automatiques. Autrement, ce serait brûler la chandelle par les deux bouts. Au *vieillard*, dont les mouvements ont perdu la vitesse et la vigueur, dont les organes cardio-vasculaires sont moins résistants et moins élastiques, conviennent les efforts modérés et les allures lentes, tels que ceux des promenades à pied. Les jeux et spectacles, pourvu qu'ils ne provoquent pas de vives émotions, sont pour lui des reconstituants des centres nerveux. Il faut bien se pénétrer de cette idée que la vie augmente rapidement d'intensité, puis celle-ci demeure constante, et, dans une longue et dernière période, s'affaiblit peu à peu. La *courbe de l'énergie* finit en pente douce (*fig.* 51). Et, de même que cette période correspond à un travail nutritif délicat et modéré, de même la dépense d'énergie active doit se limiter au strict nécessaire; sans quoi, l'organisme serait hors d'état de compenser les prodigalités.

On voit à quel point l'éducation physique est gouvernée par les principes de la physiologie, et pourquoi sans eux elle irait à la dérive. Ils sont sa raison d'être, et ce qui lui a permis de s'édifier. De toute antiquité, on savait, en effet, que le mouvement des muscles entretient la santé, et les *jeux* naquirent de cette pensée utilitaire. Cyrus, roi des

Perses, interdit de manger avant de s'être fatigué par quelque exercice. Lycurgue établit bains et gymnases, et en éliminant cruellement les sujets débiles, fut, à sa manière, l'ancêtre des *Eugénistes*. Grecs et Romains organisèrent admirablement les sports athlétiques, Hippocrate et Galien dissertèrent à leur endroit, souvent judicieusement. Jusqu'au fond de l'Asie, ce fut aussi la préoccupation des classes dirigeantes. En l'an 23 avant Jésus-Christ, la *lutte* avait l'attrait d'un très noble sport dans l'empire des Mikados... De la gymnastique on en vint à la « gymnastique médicinale » ou hygiène.

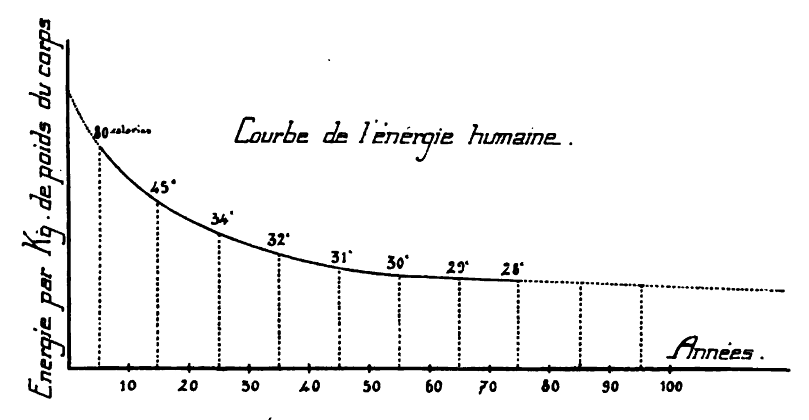


Fig. 51. — Énergie produite en vingt-quatre heures.

L'hygiène est donc à la base de l'éducation physique. Il faut qu'elle rende les sports sains et agréables, qu'elle les ordonne et en fixe l'intensité et la durée, pour les approprier à l'âge et à la constitution.

Elle tiendra compte aussi du principe d'*hégémonie fonctionnelle*, en vertu duquel le maximum de vie se porte dans les organes actifs au détriment des autres. Il s'ensuit qu'une bonne hygiène interdira de se livrer à un fort travail *aussitôt après les repas*, c'est-à-dire en pleine digestion, et elle n'autorisera pas qu'un travail intellectuel intense succède à la fatigue des muscles.

La nature de l'*alimentation*, nous l'avons déjà dit, est elle-même un facteur d'entraînement (voir § 40). On observera [1], entre le début d'un travail quelconque et la fin du repas, un intervalle d'une *demi-heure* quand le régime est riche en *hydrocarbonés*. Un régime mixte ou albuminoïde nécessite un intervalle double ou triple. Ainsi, les féculents et aliments sucrés favorisent la durée des exercices ; ils assurent à l'énergie humaine une économie de 5 0/0 *environ*, et préservent des troubles organiques. La valeur des exercices et des rations dépend assez étroitement des *saisons*. Le lecteur en a vu plus haut la démonstration (Climats, § 47.)

LXIII. — **Rééducation fonctionnelle. — Lois générales.** Quant aux *impotences*, qui affectent généralement l'appareil locomoteur, et diffèrent d'aspect et de gravité, elles ressortissent à la *rééducation fonctionnelle* proprement dite.

Les personnes que nous soumettons à la rééducation fonctionnelle se trouvent dans cette période, assez mal définie, qui précède la guérison absolue, période dite de *consolidation*. A ce moment la vitalité cellulaire est en plein travail ; les tissus se régénèrent et augmentent de résistance, tandis que les fonctions se rétablissent. Toutefois, cette restauration anatomique et physiologique se ressentira, au *point de vue dynamique*, des *déformations*, *soudures*, *déplacements*, *ankyloses* et *atrophies des organes*. Les consolidations vicieuses ne sont pas rares, dont l'origine remonte souvent aux mauvais *procédés d'immobilisation* des membres fracturés, et parfois aux exercices d'une *mécanothérapie irrationnelle*... Le but réel de la rééducation fonctionnelle consiste à rétablir, ou tout au moins à améliorer l'*état moteur* de l'homme, en se guidant sur les *formes du mouvement* et la *puissance moyenne des muscles* qui les produisent ; enfin à stimuler les processus réparateurs des tissus.

Les mouvements naturels se ramènent à trois types :

[1] J. Amar, *Journal de Physiologie*, p. 298, 1912.

Le *mouvement de translation*, dans lequel le membre se déplace *sans tourner*, restant parallèle à lui-même. Il en est ainsi quand le membre actionne un rabot, une varlope, une scie, une lime, et dans plusieurs exercices de gymnastique ;

Le *mouvement de rotation*, dans lequel certains points demeurent fixes et constituent l'axe horizontal ou vertical autour duquel s'effectue la rotation. Celle-ci est, en général, *partielle*, et se limite à un jeu de charnière, comme celui d'une porte tournant sur ses gonds; ce peut être aussi une simple *oscillation ;*

Le *mouvement hélicoïdal* ou *à vis* combine les deux précédents ; c'est une translation avec rotation. Tel est le cas de la main agissant sur un tourne-vis, ou de tout le membre supérieur actionnant une grosse clef. Il est digne de remarque que la *vis* s'enroulant de *gauche à droite* (*hélice dextrorsum*) soit plus fréquente que l'autre, et que d'elle procèdent les vis, les tire-bouchons, etc. Cela doit tenir à ce que les « droitiers » sont la majorité, et que l'*hélice dextrorsum* réalise un mouvement économique pour le bras droit, comme l'*hélice sinistrorsum* le fait pour le bras gauche.

Toutes les formes du mouvement se ramènent aux trois types qui précèdent; il suffit de reproduire ces derniers *dans les plans où ils ont lieu normalement*, avec la force et l'étendue qui les caractérisent chez l'homme sain, pour être assuré de donner au système musculaire l'*entraînement physiologique* réel, en dehors duquel il n'y aurait qu'empirisme et péril. Qu'il s'agisse de personnes tout à fait normales ou d'impotents, toujours cet entraînement sera gradué comme *effort*, *vitesse* et *durée totale*. On n'oubliera pas que la contraction des muscles produit un mouvement nécessairement *alternatif*, *oscillatoire*, au lieu d'une *rotation continue*, laissant à la réparation le temps de s'effectuer à l'intérieur des cellules. La vie de relation apparaît donc comme une *série périodique d'actions et de repos*.

LXIV. — **Force et amplitude.** — La force et l'amplitude des mouvements des membres doivent être déterminées sur la personne à rééduquer, et comparées à celles du sujet normal. En pratique, on compare le membre blessé au membre sain. J'ajoute que les mêmes observations seront faites utilement sur les divers segments et les moignons des amputés.

Mais il arrive qu'une articulation étant *raidie*, celle du genou, par exemple, la plus voisine la *supplée*, ici l'articulation de la hanche; les conditions du mouvement, de la *marche*, sont changées et favorisent un nouveau mode de synergie musculaire. Il faut, alors, chercher les dispositions mécaniques pouvant empêcher l'atrophie du quadriceps, et imprimer de petits mouvements aux *os ankylosés*, tout le temps que leur revêtement fibreux et tendineux gardera quelque souplesse, ou que la *radiographie* n'a point révélé une *soudure* osseuse *irrémédiable*.

Tous les actes de la *locomotion* seront ainsi traités, avec la double préoccupation, ou de rétablir dans le membre atrophié sa fonction normale, ou de lutter, par la rééducation, contre l'impotence plus ou moins compliquée, afin que de simples raideurs ne dégénèrent pas en ankyloses, et que les atrophies soient au moins enrayées. Seuls les cas définitifs seront compensés grâce aux *suppléances articulaires et musculaires* du segment de membre voisin, stimulées par un exercice de véritable entraînement. C'est seulement au cours de cette activité de renfort qu'une suppléance rationnelle, économique, peut s'établir, guidée par l'instinct du « moindre effort », ou du « minimum de contrainte ». Les *liaisons* que la blessure a fait naître se relâchent peu à peu et laissent plus d'amplitude au mouvement des surfaces articulaires, l'élasticité des ligaments augmente, et les pièces du squelette se polissent dans un frottement renouvelé, détruisant les aspérités qui subsistent après la consolidation des fractures.

On n'oubliera pas, non plus, que la contraction d'un muscle peut modifier celle de muscles plus éloignés :

c'est ainsi, par exemple, que la force des fléchisseurs des doigts diminue si l'articulation du poignet est le siège d'une raideur qui le maintient fléchi, ou d'une dégénération nerveuse qui relâche les extenseurs...

Il ne faut jamais tenter de rééduquer une articulation capable encore de suppurer, un membre douloureux au toucher ou mal consolidé, et *il ne faut jamais brusquer l'entraînement physiologique.*

De classification des rééducables *fonctionnellement*, il n'y en a pas, il ne peut pas y en avoir, car la diversité des cas de blessures — vu leur gravité, leur localisation, l'âge du blessé — est innombrable. Ce qu'il faut classifier, ce sont les mouvements que la blessure a compromis, et leur importance dans le cycle locomoteur, dans la vie active des personnes traitées. On fera une place à part aux *amputés*, chez qui on développera la force des muscles du moignon et la mobilité de l'articulation maîtresse. Cette préoccupation se justifie par les nécessités qu'impose le port d'un *appareil prothétique* brachial ou jambier, souvent trop lourd pour le moignon. Nous nous réservons de revenir sur ce sujet quand nous traiterons du *travail des mutilés* et de la *prothèse.*

LXV. — II. **Technique d'éducation et de rééducation physiques**. — L'éducation physique et la rééducation fonctionnelle n'auront guère à emprunter, pour réussir dans le sens que nous venons de préciser, aux techniques souvent malheureuses de la *mécanothérapie* et de la *culture physique.* Elles ont à substituer une méthode rationnelle à l'empirisme des vieux procédés.

Il faut, disions-nous, entraîner l'activité des *membres supérieurs* et *inférieurs*, *graduellement*, et sans aboutir au surmenage. L'organisme se ressentira de cette progression dans un exercice synergique. On obtient ce résultat au moyen du *cycle ergométrique* et du *chirographe*, déjà signalés plus haut, et de la *poire dynamographique.* On le vérifie grâce à

l'*arthrodynamomètre*. Nous allons décrire les détails et l'emploi de ces instruments.

1° *Cycle ergométrique*. — Le cycle ergométrique se compose d'un volant V de 36 kilogrammes environ, formant la roue arrière d'un bicycle dont on n'a conservé que le cadre et les pédales ; le tout est calculé pour les tailles moyennes ; on pourrait, d'ailleurs, agir sur la hauteur de la selle, s'il en était besoin. Dans la gorge du volant passe un ruban d'acier R faisant frein ; il porte, d'un côté, un plateau P où

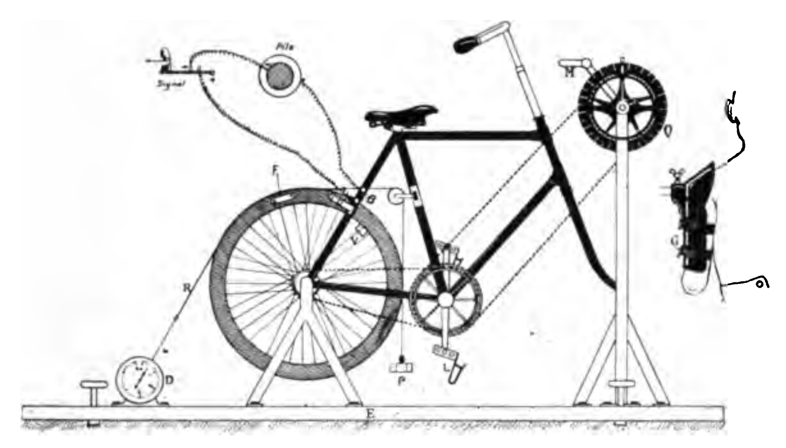


FIG. 52. — Schéma du cycle ergométrique.

l'on placera des poids, et de l'autre, il s'attache à un dynamomètre à traction D muni d'un cadran, et que l'on peut rendre enregistreur (*fig*. 52).

Vient-on à agir sur les pédales L ? Le ruban produira un frottement F qui modifiera l'effort marqué au cadran. Le parcours virtuel de la roue-volant sera donc multiplié par cette force de frottement F, et donnera la mesure du *travail* des jambes. Chaque coup de pédale correspond à un développement de 6 mètres, soit trois tours de roue, celle-ci ayant un périmètre de 2 mètres. Dans ces conditions, le buste demeurant parfaitement au repos, les *jambes* seules travailleront, sur une résistance réglée à volonté par le poids

de freinage, et à une allure que le sujet choisira lui-même; la masse du volant empêchera les écarts de vitesse.

D'autre part, la roue dentée du pédalier L transmet son mouvement à une roue semblable qui reçoit une *manivelle* M, de sorte qu'en agissant sur cette dernière, les bras feront un travail qui se mesure comme précédemment. La position la plus élevée de cette manivelle développe les bras dans un plan horizontal (cas des tailles moyennes). Le sujet peut être *assis* devant la manivelle, à hauteur convenable, sur un *tabouret à vis;* s'il se tient *debout*, le mouvement de ses bras utilisera les articulations du poignet, du coude et de l'épaule, de même que tout à l'heure on avait celles du pied, du genou et de la hanche.

En outre, en s'écartant assez du plan vertical de la manivelle, il sollicitera davantage les muscles de l'épaule et d'une partie du tronc, tandis que le coude réduira son effet, et réciproquement.

Dans cet exposé, relativement bref, je ne saurais discuter les conditions de la marche graduelle de l'entraînement physiologique, au moyen du cycle ergométrique. Je me contenterai de dire que, pour les adultes, on emploiera les poids frénateurs suivants, dans l'ordre croissant : 300, 500, 700, 1.000, 1.200, 1.500, 2.000, 2.500 grammes et 3 kilogrammes.

Ayant noté au chronomètre la vitesse *volontairement* choisie par le patient, on l'augmentera de 10 tours de roue par minute tous les deux jours, les séances durant de 10 à 15 minutes. La cadence sera donnée par un *métronome*, marquant de 30 à 300 battements.

On peut estimer satisfaisante l'activité qui surmonte un poids frénateur de 3 kilogrammes à l'allure de 200 tours par minute, et pendant un quart d'heure sans arrêt.

C'est à ce moment qu'il sera bon d'évaluer la dépense d'énergie et de noter le degré de fatigue, conformément aux indications fournies plus haut.

LXVI. — Le dispositif expérimental est complété, dans le cas des amputés, par une *gouttière* métallique qui se visse à la place de la manivelle et fait le même office, avec cet



FIG. 53. — Rééducation des moignons.

avantage que le moignon peut y être serré au moyen de courroies entourant la gouttière. Celle-ci se déplace, en outre, devant un *cadran Q gradué* de 0 à 180° de part et d'autre de la verticale ; elle entraîne une aiguille indicatrice,

ce qui fournit l'amplitude des mouvements articulaires, dans l'abduction et l'adduction.

Pour que le centre de l'articulation de l'épaule se trouve sur l'axe même de la *gouttière brachiale*, on fait asseoir le sujet sur le tabouret à vis dont on règle la hauteur suivant la taille (*fig.* 53). Les muscles du moignon entretiennent son oscillation, et on pourra l'aider, au début, en agissant doucement sur le volant. Un amputé de bras, par exemple, actionnant les pédales, dirigera les mouvements du moignon. Rythme des oscillations et résistance au frein seront modérés ; on se guidera sur la longueur utile et la force actuelle du moignon, plus grandes évidemment chez les amputés d'avant-bras.

Dans le cas des amputés de jambes, l'articulation du genou étant conservée, un appareil prothétique d'expériences assurera l'exercice du moignon ; la jambe saine soutiendra l'effort strictement nécessaire pour le rééduquer et solliciter son activité la plus régulière. Mais, à la vérité, le membre inférieur se rééduque mieux par l'usage d'un simple *pilon rigide*, ou par l'emploi d'une *gouttière jambière* (p. 246).

Dans ces diverses circonstances, ce n'est pas seulement la gradation des exercices qu'il faut surveiller, c'est aussi leur continuité, en progressant jusqu'aux limites de l'entraînement physiologique.

Enfin, on a fixé sur la jante du volant une lamelle élastique F en métal qui, en passant devant la fourche, prend contact avec une lamelle semblable. Il en résulte un *tic-tac* que l'on demande au sujet de faire coïncider avec celui du métronome. On relève au chronomètre le temps nécessaire pour obtenir cette coïncidence ; il sera la mesure pratique de l'*équation personnelle*. Toutes les fois que ce temps ne dépasse pas *15 secondes*, la personne est *rapide ;* elle a une faible équation personnelle, et convient aux métiers de vitesse. Au delà de 25 secondes, c'est une personne *lente*. Un classement des hommes ainsi effectué guidera la *rééducation professionnelle* des blessés et leur placement.

La fourche du cycle présente deux bornes B, réunies à une pile dans le circuit de laquelle se trouve un *signal inscripteur* de Déprez. A chaque tour de roue, on a la fermeture du circuit et une encoche sur le papier enregistreur; toutes ces encoches doivent être à intervalles égaux quand le sujet est en marche normale; sinon, il faudra soupçonner soit un *défaut de coordination* des mouvements, soit un peu de raideur tendineuse, soit encore de la rétraction musculaire et des lésions secondaires. Le cycle, avec ses accessoires, constitue le principal appareil d'éducation physique.

LXVII. — 2° *Chirographe.* — Je donne ce nom à un modèle d'ergographe de la main, considérée dans la gamme infinie de ses mouvements, ceux du poignet comme ceux des doigts. L'ergographe digital de Mosso, dont c'est ici une transformation et un perfectionnement, sert uniquement à enregistrer les flexions du médius droit. Son rôle est donc très limité, de plus il présente divers inconvénients que nous avons déjà signalés en le décrivant (*Le Moteur humain*, p. 391). Au contraire, le chirographe possède un excellent organe fixateur de l'avant-bras, qui laisse libre toute la main, y compris le poignet, et en permet les flexions, extensions, abductions et inclinaisons latérales. L'organe inscripteur est le chariot habituel de Mosso, construit avec le minimum de frottements (voir *fig.* 40).

Grâce à cet appareil, la main, ce segment délicat du membre supérieur, si propre aux exercices d'adresse et de vitesse, est soumise à une éducation fonctionnelle dont les effets — nous nous en sommes assuré — ne se font pas beaucoup attendre.

L'organe fixateur du chirographe, monté sur un bâti lourd, s'incline à droite ou à gauche pour soutenir l'avant-bras droit ou gauche; il est muni à cet effet d'un axe de rotation et d'un bouton de serrage latéral B' (*fig.* 54). L'avant-bras est saisi solidement et appuyé dans les demi-bracelets *s*, *s'*, convenablement disposés. La main vient alors reposer sur

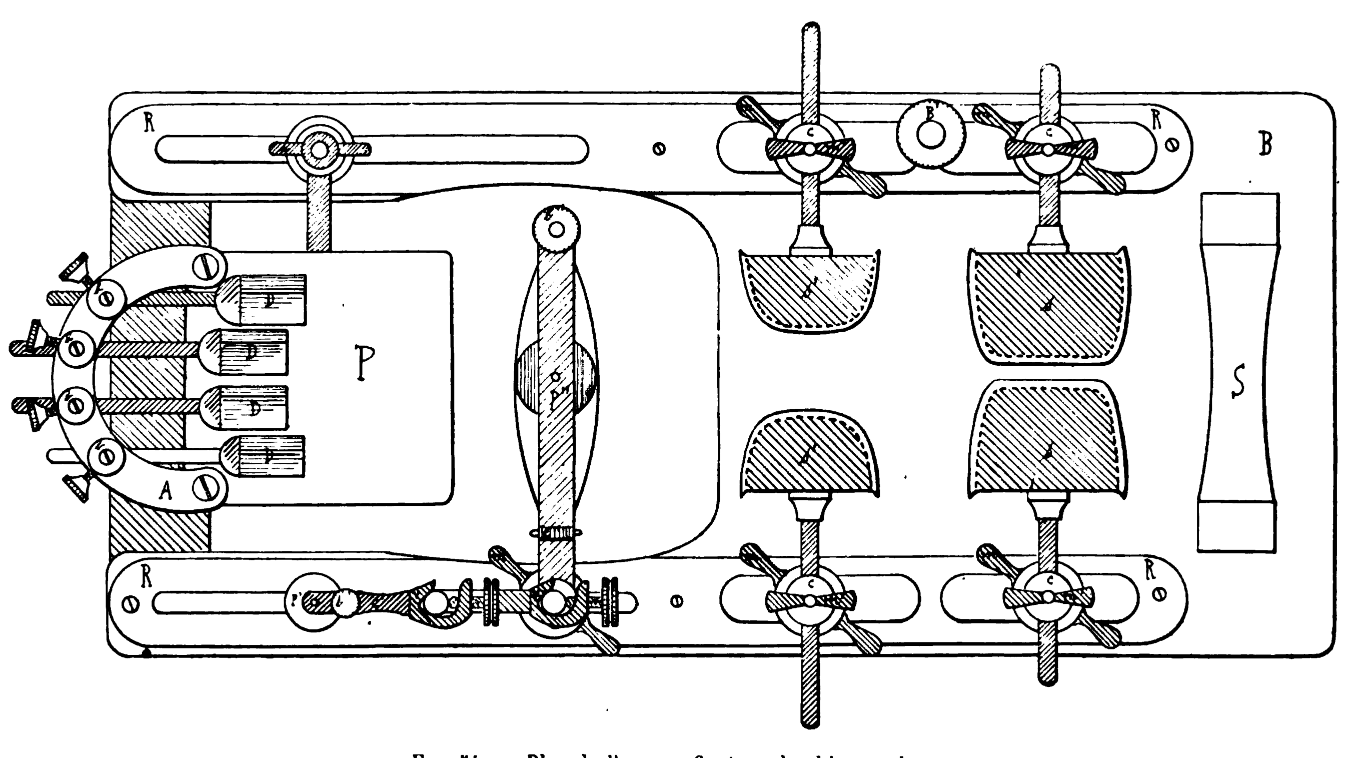


Fig. 54. — Plan de l'organe fixateur du chirographe.

une platine amovible P où les doigts prennent toute leur extension.

Au-dessus, se trouve placé un arc portant quatre tiges où sont enfilées des cupules métalliques D ; des vis et manettes commandent leurs déplacements. Amenées sur la platine, ces cupules coiffent les phalanges et maintiennent les doigts immobiles. On est donc maître de libérer tel ou tel doigt à volonté, de le faire travailler, les autres restant immobiles.

D'ailleurs, la main est appuyée contre la platine, grâce à une pince immobilisante P″, qui agit au milieu du métacarpe. Enfin, sur le côté, se trouve un mécanisme à poulie de renvoi P′ qui transmet au chariot inscripteur les mouvements du pouce. On sait que cette transmission s'effectue au moyen d'un cordonnet qui s'attache à une petite bague de cuir serrant la deuxième phalange, et va rejoindre, d'autre part, l'organe inscripteur.

Platine et couronnes de cupules, ainsi que la poulie, peuvent être rejetées latéralement, et laisser un espace creux où la main et le poignet développeront leurs mouvements de flexion, d'extension et de latéralité. Dans ce but, le fil s'attache à une pince analogue à P″, dans laquelle la main est engagée et ensuite fermée, le poignet demeurant parfaitement libre.

Tous les mouvements possibles se ramènent, en définitive, à une traction sur le fil qui, au bout du chariot, supporte un poids variable au gré de l'opérateur. L'enregistrement est donc toujours de même sens, mais d'amplitude diverse. Il faut veiller à ce que la position initiale soit réglée par la vis et ne laisse pas de jeu au cordonnet, sans quoi les tracés ne seraient plus comparables.

Si l'on prend ces précautions, et si l'on fait soulever des poids appropriés — de 200 à 1.500 grammes pour les doigts, en observant le rythme volontaire du patient, et en augmentant ce rythme jusqu'à 60 contractions par minute, — bien vite on s'aperçoit à quel point de tels exercices sont salutaires. Les séances seront de 3 à 10 minutes.

Sur les tracés recueillis, on pourra suivre les progrès de l'amplitude des courbes, qui témoignera du degré de flexion et de mobilité des articulations. Un graphique obtenu avec un même poids, à des périodes éloignées les unes des autres, rendra compte fidèlement de l'état fonctionnel de la main, et permettra les comparaisons ultérieures. Ce sont surtout les exercices de vitesse (dactylographie, sténographie, escrime), et les raideurs articulaires qui retirent un grand profit de cet entraînement.

LXVIII. — 3° *Poire dynamographique.* — En vue de poursuivre l'entraînement de la main, quant à son effort total de

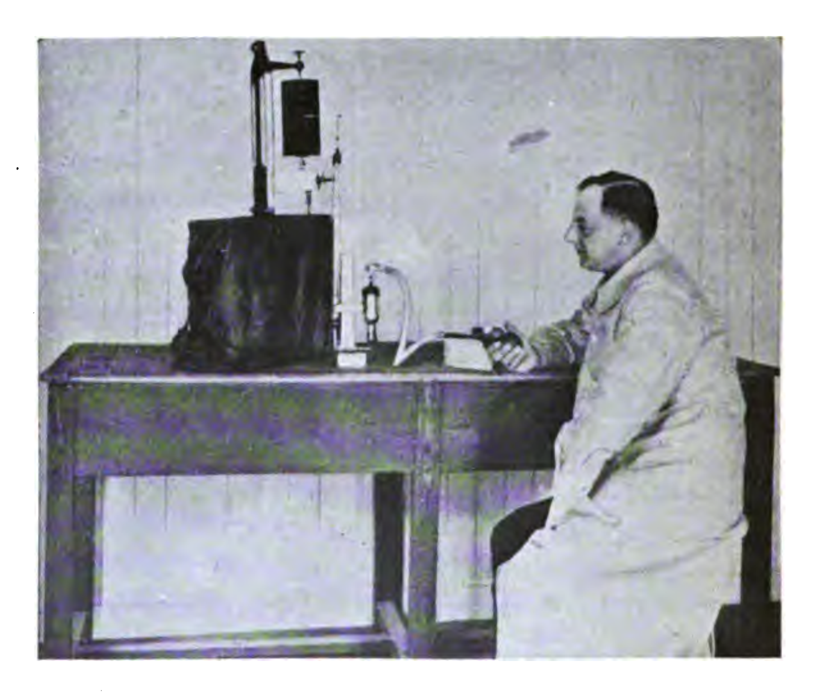


Fig. 55. — Poire dynamographique.

pression ou de serrement, nous avons fait usage d'un dispositif spécial très simple : la poire dynamographique.

C'est une poire de caoutchouc fort, ayant une capacité de

125 centimètres cubes, où l'on comprime l'air au moyen d'une petite pompe à bicyclette, à la pression voulue. On la met en

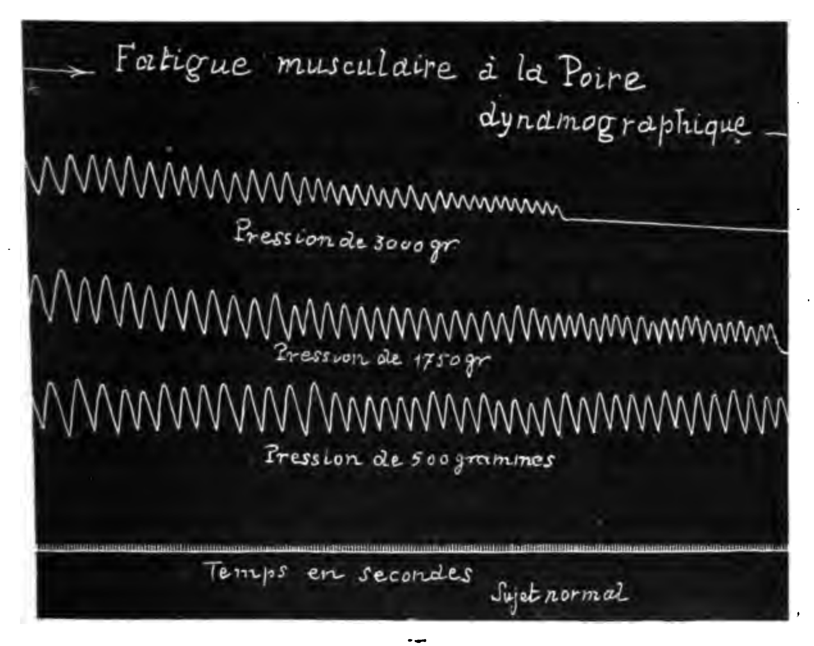




Fig. 56. — Entraînement et fatigue à la poire dynamographique.

communication avec un manomètre à mercure dont l'une des branches est assez large pour contenir au moins 500 centi-

mètres cubes de ce liquide, et l'autre plus longue, environ 30 centimètres. Celle-ci reçoit un flotteur inscrivant, et de la sorte tous les déplacements du mercure, sous la pression des doigts, et en partant d'une tension connue de la poire, se trouvent recueillis sur un cylindre enregistreur (*fig.* 55). On amortit les oscillations du mercure en ménageant un étranglement sur le tube de raccord des deux branches.

La différence de niveau du liquide dans celles-ci mesure la pression totale. Nous avons marqué, sur une tige verticale graduée, les valeurs en grammes par millimètre de déplacement (différence du niveau).

Le serrement des doigts fait osciller la valeur initiale, et ces oscillations fourniront un tracé qui est étalonné une fois pour toutes. L'action musculaire sera éduquée depuis une pression de 100 grammes jusqu'à 5 kilogrammes, ce qui est une limite très élevée. Une centaine de contractions mettent la main en moiteur, et assouplissent le système fibro-musculaire tout entier. Elles permettent de suivre la marche de la fatigue en fonction de l'effort de la main, et de la cadence des mouvements (*fig.* 56).

LXIX. — 4° *Arthrodynamomètre.* — Au fur et à mesure des progrès de l'entraînement, l'*amplitude* des mouvements et la *force* des muscles augmentent. Ces deux facteurs, qui donnent la mesure exacte des résultats, se déterminent grâce à l'*arthrodynamomètre*.

Cet instrument fournit, en effet, les *valeurs des déplacements angulaires des membres ou segments de membres, et les forces absolues des groupes de muscles qui les commandent, pour tous les degrés de flexion à considérer* (1).

Il se compose (*fig.* 57) de deux règles plates en acier, articulées en compas, et tournant à faible frottement autour de l'axe; il donne tous les angles de flexion pratiquement utiles, soit entre 180° et 30°. L'usage de cet instrument en fera comprendre, ainsi que nous l'allons voir, la disposition.

(1) Voir *Comptes rendus Académie des Sciences*, du 7 juin 1915, t. CLX, p. 730.

Mesure des déplacements angulaires des membres. — L'ar

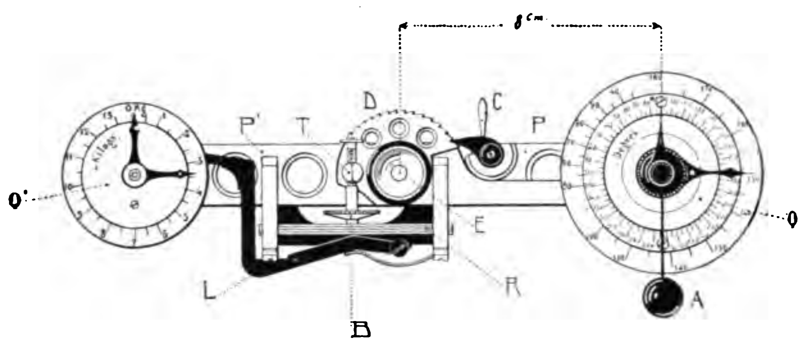


Fig. 57. — Plan de l'arthrodynamomètre.

throdynamomètre s'applique sur deux segments du membre, de part et d'autre de l'articulation, et dans un plan déterminé. Il est muni de demi-bracelets en acier mince et souple auxquels sont fixées des bretelles très résistantes. On serre fortement pour que les attaches soient solides et immobiles (*fig.* 58).



Fig. 58. — Manière de placer l'arthrodynamomètre.

Pour effectuer une mesure angulaire, on desserre l'écrou central E de la tête articulaire, et l'on relève le cliquet C dont la pointe engrène avec une roue dentée D. Puis, agissant sur le bouton de réglage B situé sous des lames de ressort R,

on l'amène au contact de la rotule sous-jacente T. Si, alors, on vient à *fléchir* un segment de membre sur l'autre (pied, jambe, main, avant-bras), la branche P du compas entraîne une poulie placée sous le cadran Q et, par elle, commande la rotation de la petite aiguille — celle des *angles de flexion*, que l'on lit sur une circonférence du cadran. On évalue de même les mouvements de *latéralité* de la main et du pied.

Pour les déplacements du membre tout entier, soit dans un plan frontal, soit dans un plan sagittal, la manœuvre de l'instrument consiste à serrer l'écrou pour immobiliser l'articulation. L'angle de déplacement est donné par la position que prend l'*aiguille folle* A du même cadran, aiguille à contre-poids servant de fil à plomb. Elle indique l'écart angulaire du membre par rapport à la verticale, dans un sens ou dans le sens opposé.

L'amplitude des mouvements, dans tous les plans possibles, est ainsi correctement déterminée. On la compare à celle que nécessitent les exercices sportifs, ou les manœuvres des machines et des outils.

Mesure de la force absolue des muscles. — Quant à la force des muscles, on peut en trouver la *valeur absolue* ou maximum à tous les degrés de flexion. Dans ce but, l'écrou est desserré et le cliquet C rabattu sur la roue dentée où il est appuyé, tandis qu'on dévisse le bouton de réglage pour l'amener à toucher les lames de ressort. Cela engage bien l'extrémité du cliquet dans l'intervalle de deux dents, et supprime tout jeu lors de l'entrée en action des muscles.

L'effort exercé sur le bras de levier du compas se transmet donc à la roue dentée, puis aux lames de ressort sur lesquelles fait pression le bouton de réglage B. La déformation, à peine sensible, du ressort, est amplifiée par un levier coudé L, terminé en crémaillère courbe à convexité externe, et celle-ci commande un pignon auquel obéit l'aiguille dynamométrique. Les indications sont relevées sur le cadran Q'.

Graduations. — Sur le cadran des angles de flexion, on a marqué les angles de 180° à 30° ; sur celui des déplacements

de tout le membre, on les a figurés de 0° à 360°, mais il est bon de préciser le sens de l'écart angulaire par les mots *latéral* (droit ou gauche), ou *sagittal* (antérieur ou postérieur), afin de ne pas se tromper. Des explications plus détaillées sont nécessaires à l'endroit de ces mesures de *force absolue*. Les muscles, en tirant sur le segment mobile du membre, tandis que le ressort s'oppose à la flexion, agissent sur un bras de levier de *moment variable* ([1]). Leur force, même si elle était constante, produirait sur le dynamomètre un effet d'autant plus grand que le moment par rapport à l'axe est lui-même plus grand, ce qui a lieu à mesure de la flexion et jusqu'à une certaine limite. Or, la force absolue n'est pas constante, elle tend à s'épuiser dans le raccourcissement musculaire (loi de Schwann). Il est donc difficile de l'évaluer exactement, sur le vivant, à toutes les étapes de ce raccourcissement.

C'est pourquoi nous avons adopté une graduation *conventionnelle* : la force est supposée agir normalement à l'extrémité de la branche de compas, au centre de l'attache, placé à *huit centimètres* du centre de l'articulation. Ce bras de levier étant connu une fois pour toutes, on s'est contenté d'inscrire les efforts en *kilogrammes* sur le petit cadran, au lieu des *kilogrammes-centimètres* qui expriment les moments. Si l'on se donne la position exacte de l'insertion musculaire sur l'os mobile, on en pourra déduire la composante efficace de l'effort, et calculer la puissance réelle des muscles actifs.

Ce genre de mesure permet de suivre la variation des forces au cours du mouvement, et d'apprécier les effets de l'entraînement. Il s'impose toutes les fois que l'on entreprend d'organiser scientifiquement la rééducation, tant fonctionnelle que professionnelle.

5° Enfin, pour rétablir les *mouvements de rotation* des bras, je fais usage d'un dispositif à came, dit *gyrographe*, qui exerce à la fois la force et le mouvement, et les mesure.

([1]) On appelle *moment* le produit d'une force par son bras de levier.

LXX. — III. **Applications.** — *Attitudes du corps.* — L'éducation physique, conduite suivant les principes de la technique ci-dessus, produira des résultats rapides et durables ; elle mènera aisément aux confins de l'*athlétisme* le plus prestigieux, car les fonctions organiques ayant été surveillées e entraînées, il n'y aura place pour aucune défaillance (voir tout le chapitre *Fatigue*).

Mais la *rééducation fonctionnelle*, s'adressant spécialement aux blessés, doit demeurer dans des *limites de modération*, et suivre une progression très lente, sous peine d'accidents.

L'une et l'autre procèdent, en définitive, de cette notion que le mouvement humain se *règle physiologiquement*, qu'il devient, par cela même, économique et hygiénique.

Attitudes. — Remarquons que, déjà, pour nous tenir couchés, ou assis, ou debout, nous ne procédons pas tous de la même façon, parce que nous ignorons les *attitudes économiques et hygiéniques*. C'est ce que les mesures d'énergie sont venues préciser.

Le *repos complet* du corps s'acquiert dans la *position couchée*, inclinée sur le ventre et non pas sur le dos [1], de préférence à droite ; l'économie est de 7 à 8 0/0 sur la *position assise*. Dans celle-ci,le buste doit être droit et symétrique, les jambes touchant terre sans effort, surtout elles ne seront pas pendantes.

Si l'on est assis pour lire et écrire, il faut que les avant-bras posent sur la table et que les épaules soient effacées ; un bureau trop haut oblige à une attitude engoncée très fatigante, et qui contrarie les mouvements de la main dans l'écriture ; un bureau trop bas force à se pencher...

La *station debout* est plus intéressante encore ; elle concerne l'ouvrier comme l'ingénieur, surtout les surveillants ; elle est celle du soldat, du garde, du sergent de ville, du conducteur d'omnibus. Elle comprend deux *attitudes symétriques* et une *asymétrique* ou *hanchée*, que la figure 59 explique clairement (de gauche à droite).

(1) Liljstrand et Wollin, *Skand. Arch. f. Phys.*, t. XXX, p. 199 ; 1913.

L'*attitude normale* (Normal-Stellung des Allemands) est régulière ; elle place toutes les articulations dans un même plan vertical ; mais elle est une source de fatigue. L'*attitude commode* (Bequeme-Haltung) est plus stable et contracte moins les muscles ; toutefois, elle ne réduit pas *au minimum*

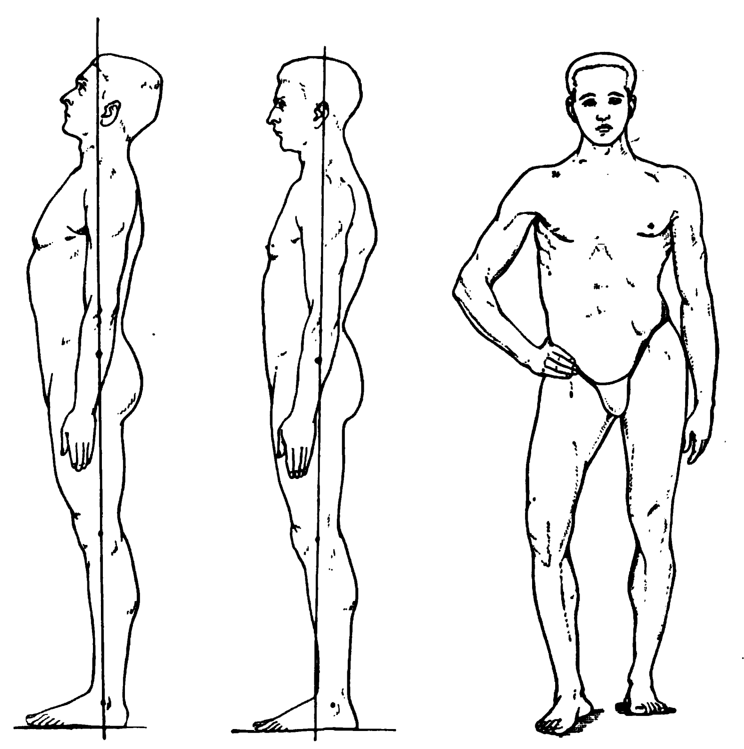


Fig. 59. — Stations debout du corps.

la dépense d'énergie du corps, comme le fait l'*attitude hanchée*, celle dont nous avons tous une expérience instinctive. Le *maintien* doit réaliser une attitude commode, symétrique, qui dégage la colonne vertébrale, creuse légèrement les reins, bombe la poitrine en effaçant le ventre et les épaules. Cet état de tension musculaire incontestable cause un peu de fatigue, mais il retentit fort heureusement sur toute l'économie ; il conserve la force et la taille.

Comparons les prix de ces diverses attitudes, en égalant à

100 la dépense d'énergie de l'homme couché ; nous aurons [1]:

Attitude couchée (en pronation)		100
— assise		107
Station debout	Attitude hanchée	110
	— commode	113
	— normale	132

LXXI. — **Locomotion.** — *Gymnastique.* — La locomotion est, elle aussi, susceptible de perfectionnements ; nous avons indiqué les facteurs économiques de la marche ; il faut ajouter qu'à partir de la *cadence de 170 pas* à la minute, il est plus avantageux de *courir;* c'est ce que font d'ailleurs tous ceux dont les membres inférieurs sont courts. La fréquence et le peu d'amplitude des pas occasionnent une prompte fatigue : je hasarderai, à ce sujet, une critique légitime contre les jupes étroites des femmes ; c'est moins grave qu'au sujet du corset ; mais enfin l'hygiène mérite tout de même quelques égards ; elle n'est pas l'ennemie de *la mode*, au contraire...

Certaines populations, comme les Arabes, obtiennent une économie de 20 à 25 0/0 dans leur locomotion, et en général dans l'exercice des jambes. Leur rendement est ainsi supérieur de beaucoup à la moyenne. Or, ces gens pratiquent la *marche dite en flexion* dont j'ai dit le nécessaire ailleurs, laquelle avantage la progression et réduit les efforts de contraction. C'est, du reste, la démarche du laboureur fatigué, du terrassier qui revient du chantier, de l'homme de peine attelé à une lourde voiture à bras (*fig.* 60) ; elle diminue les oscillations du centre de gravité du corps et accroît la stabilité sur les jambes. Dans les circonstances ordinaires, l'éducateur combinera les exercices de marche et de course pour activer jusqu'au degré convenable les rythmes du cœur et des poumons ; il les notera au bout de 20 à 30 minutes d'entraînement. Encore est-il qu'une *progression*

[1] Voir *Le Moteur humain*, p. 444.

sera observée qui ne laisse craindre aucune forme de surmenage.

Nombreuses enfin les applications relatives aux attitudes économiques, depuis la personne qui dessine ou écrit, ou joue d'un instrument de musique, jusqu'aux variétés sportives et militaires.



Fig. 60. — Type de marche en flexion.

La *marche*, la *course*, le *saut*, le *grimper*, le *ramper*, et les modes d'activité tels que la boxe et l'escrime obéissent aux mêmes lois de rythme, de mesure et de réglage physiologique. J'en ai dit le nécessaire dans le livre VI du ***Moteur humain*** (p. 469) auquel le lecteur voudra se référer.

La *gymnastique* devient, elle aussi, à une certaine période de la rééducation, quand les articulations ont repris leur jeu normal, un procédé d'entraînement de grande valeur. Il s'agit, surtout, des mouvements des bras et des jambes ; j'y ajoute les exercices avec haltères de 1 à 3 kilogrammes, pour finir à 5 kilogrammes, dans les meilleures conditions. Les mouvements se feront en pronation, puis en supination, au rythme de 80 à 100 par minute (*fig.* 61 et 62), toujours avec vigueur, et le corps dans l'*attitude normale*.



Fig. 61. — Exercices gymnastiques avec haltères
(attitude du corps en voie d'amélioration).

Tous autres exercices d'*acrobatie* ne font que mettre en harmonie les mouvements du centre de gravité du corps et la force de contraction des muscles.



Fig. 62. — Mouvements gymnastiques en force.

Le député docteur Lachaud a insisté sur les exercices gymnastiques simples, avec poids, cordes et poulies; il a recommandé ce qui a été appelé, improprement, la *manothérapie*. Je ne puis me rallier sans réserves aux vues du distingué parlementaire, car les mouvements doivent d'abord être *dirigés*, pour éviter qu'ils ne dévient et ne produisent des déformations sur les organes, à un âge où, souvent, le

soldat n'a pas le squelette entièrement ossifié et les muscles à leur terme de développement.

La *gymnastique* convient aux sujets normaux, et les développe harmonieusement ; appliquée aux blessés, aux impotents, c'est un pur adjuvant ; elle ne peut être une méthode absolue de rééducation fonctionnelle. En combinant l'éducation des mouvements et l'observation de la fatigue, nous avons réalisé l'entraînement de quelques jeunes gens et de plusieurs centaines d'impotents. Aux nombreuses attestations qui, dans un tel ouvrage, me paraîtraient déplacées, je préfère les vérifications personnelles. Chacun doit éprouver lui-même ces procédés à la fois simples, rapides et peu coûteux. L'expérience, aidée d'un jugement éclairé, ne les utilisent jamais sans succès.

LXXII. — **Résumé sur l'activité physique.** — L'identité des méthodes, qui doivent diriger l'éducation physique et l'activité professionnelle, est évidente. Elle résulte des formes géométriques et harmoniques de la contraction des muscles ; elle se révèle, enfin, dans les effets mêmes de cette contraction, puisque, en dernière analyse, la fatigue est toujours une intoxication.

Des principes de l'*art de travailler*, nous retiendrons surtout l'*ordre* et la *sélection des mouvements*. Si, pour exécuter un acte physique quelconque, nous faisons les mouvements strictement nécessaires, seuls *utiles* à son exécution, si nous éliminons les mouvements inutiles et réglons la *succession* des autres, l'avantage sera grand et pour notre temps et pour notre fatigue. Le profit sera considérable pour notre éducation ; une richesse morale viendra s'ajouter à l'amélioration de notre bien-être. — L'organisation que j'indique suppose donc l'art d'approprier les mouvements à un but, et d'y faire une sélection rigoureuse pour tendre à l'*économie de l'effort*, en d'autres termes pour l'ordonner et l'utiliser au mieux.

Choix et *ordre* sont, à vrai dire, les caractéristiques de la méthode nouvelle qui, bientôt, opérera une révolution éco-

nomique incomparable à nulle autre. Elle n'est pas purement mécanique et ne fait pas de l'homme un corps sans âme, une force aveugle et infatigable; elle embrasse toutes les données physiologiques et psychologiques dont elle seule montre le parallélisme, et qu'elle harmonise avec sûreté. Elle semble avoir pris pour guide ce jugement de Montaigne : « Ce n'est pas un corps, ce n'est pas une âme que l'on dresse, c'est un homme ; il n'en faut pas faire à deux. »

CHAPITRE VII

L'ART DE TRAVAILLER (Suite)

L'ACTIVITÉ INTELLECTUELLE [1]

LXXIII. — Dans le domaine intellectuel, qui, de toutes parts, environne le domaine des forces physiques et le déborde, nous avons essayé d'introduire la discipline de l'art de travailler, c'est-à-dire les mêmes lois de sélection et de coordination, d'organisation du mouvement. L'application, aux choses de l'esprit, des lois de la mécanique générale semble, en soi, quelque peu hasardeuse ; elle n'est, en tout cas, rien moins que définitive. Mais, appuyée sur des faits parfaitement établis quoique en petit nombre, et d'ailleurs contrôlée avec soin, elle ne manque ni d'intérêt ni de vertu *sociale*, et, plus spécialement, *pédagogique*. A ce double titre, elle est digne de l'attention du lecteur.

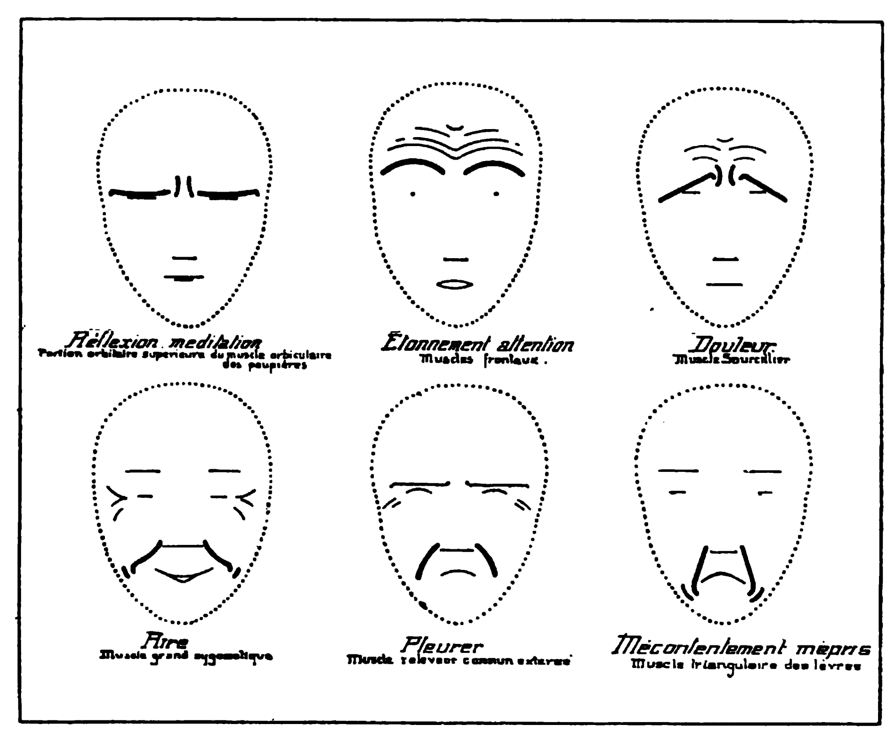
LXXIV. — **Complexité du travail intellectuel.** — Le problème à résoudre ne suppose pas nécessairement la connaissance de ce quelque chose qui a fait, tour à tour, l'objet de la méditation des philosophes, des théologiens, des physiologistes, et qui est l'âme ou l'esprit, dans une

(1) Ce chapitre avait été publié en article dans la *Revue*, du 1er juin 1914, sous le titre : L'*Art de penser*. Je tiens à signaler que, sous ce même titre, a paru depuis (1916) un volume dont l'auteur, un certain Clément Goh, a plagié mon article, et l'a, très malheureusement, délayé en 200 pages !

acception plus étroite : l'*intelligence*. La méthodologie classique distingue, en effet, l'intelligence de la *volonté* et de la *sensibilité ;* elle les constitue en facultés hiérarchisées, de plus en plus spiritualisées à partir de la dernière. Mais, du point de vue expérimental et physiologique, il n'en va pas de même. Volonté et sensibilité sont, à un degré inégal, toutes deux fonctions de l'*activité nerveuse* et en suivent rigoureusement les modalités ; elles en sont l'expression *qualitative*. Le bien ou le mal que nous faisons, écrivait Diderot, dépendent de l'état de notre diaphragme. Cette détermination, ou en doctrine : ce *déterminisme*, ne retentit pas sur le fonctionnement de la *pensée;* elle voit, par une sorte de vue intérieure, ce qui est bien et ce qui est mal, apprécie, compare et juge, en apparence très librement.

L'intelligence est donc la série d'opérations qui réalisent la représentation et le classement de nos *idées*. Parce qu'elle fait revivre les *images* et les ramène sur son plan de vision, elle remplit une fonction de l'ordre affectif, c'est-à-dire subordonnée à la condition du système nerveux; elle ébranle de multiples *neurones*, ranime la vibration cellulaire et l'accorde avec les vibrations d'autres cellules ; un circulus de vie unit les éléments de la substance cérébrale. C'est là un pur travail physiologique, et qui a différentes origines. Tantôt il est provoqué par les *neurones sensitifs* périphériques, la vue, le toucher, l'ouïe ; tantôt par les *variations humorales :* une mauvaise digestion, comme une émotion, éveillent tout l'essaim des *rêves* et le dispersent à tous les vents de la fiction. A ces sollicitations, la cellule nerveuse répond par une activité plus grande, et les *réflexes* viennent peindre sur les muscles de la face, en traits plus ou moins accentués, les rides du flot d'émotions qui les a traversées (*fig.* 63). Les contractions musculaires ont toute la diversité des émotions elles-mêmes, et, par leur force et leur durée, elles traduisent la gravité du phénomène sensitif; c'est parfois une *contracture*, un spasme douloureux. Ce travail musculaire fait affluer le sang dans l'organe de la pensée. Aussi,

dans un exercice intellectuel prolongé ou intense, dans un sommeil agité par les rêves, la température du cerveau subit un léger accroissement ; le pouls est très marqué aux tempes ; on éprouve de la chaleur et de la cuisson au visage, mais



Schémas de l'expression des émotions

FIG. 63.

les organes périphériques sont sacrifiés ; on a froid aux jambes.

Quand de tels phénomènes se renouvellent souvent, quand les repos sont mal combinés aux périodes d'activité de l'esprit, alors se manifeste la *fatigue cérébrale :* la tête s'alourdit, les yeux s'injectent, la vue se trouble par diminution de la convergence du regard et de la convexité du cristallin ;

la respiration est superficielle et sans régularité, le cœur se ralentit.

Dans l'organisme s'accumulent des *déchets toxiques*, qui s'éliminent ensuite par les urines. Mais leur effet sur la *puissance des muscles* se remarque déjà par un décroissement rapide des courbes chirographiques, et sur la *sensibilité* par des valeurs esthésiométriques élevées. Les *échanges respiratoires* augmentent d'intensité, d'environ 7 à 11 0/0, et la consommation d'oxygène mesure la grandeur de cette activité complexe que l'*attention* aggrave, que l'habitude et l'entraînement diminuent [1]. Les *sécrétions digestives* sont, au contraire, modifiées, partiellement *inhibées* [2]. La vie végétative chôme, pour laisser tout son essor à la vie des centres nerveux supérieurs. Alors, disions-nous, les *images revivent*, et l'intelligence a accompli un travail de nature physiologique. Seuls, le choix et l'ordre des idées apparaissent en elle comme d'une essence différente, un pouvoir réellement transcendant.

C'est précisément ce que nous voulions établir, à savoir que l'exercice de l'esprit confond des opérations qui sont de véritables réactions nerveuses, des réflexes, des états affectifs, et aussi d'autres opérations éminentes qui dominent la sphère de la sensibilité. Mais nous entendons bien dire que celles-ci et celles-là résultent de l'activité physiologique et souffrent de tous les troubles et remous de la vie ; elles prélèvent un tribut sur les ressources de l'organisme; elles lui coûtent; elles entraînent une certaine dépense d'énergie qui produit la *fatigue*, car dans la nature rien n'est gratuit.

Et nous voici au cœur même du problème posé au début : si, dans le monde vivant aussi bien que dans l'autre, les énergies ne font que se transformer ; si, par exemple, l'énergie musculaire a sa source dans l'énergie chimique des aliments absorbés, à quelle origine rapporter l'*énergie intellec-*

(1) JOHANSSOHN, *Skand. Arch.*, t. XVIII, p. 85; 1898 ; — BECKER et OLSEN, *ib.*, t. XXXI p. 81 ;1914; — *Die Umschau*, n° 19; 1912.
(2) BRUNACCI et DE SANCTIS, *Archivio di Fisiol.*, t. XII, p. 441 ; 1914.

tuelle? D'où jaillit-elle ? Et comment l'utiliser sans perte ?

LXXV. — **Origine de l'énergie intellectuelle.** — Deux savants américains, Benedict et Carpenter, après de laborieuses expériences, réussirent à démontrer que l'*exercice de la pensée occasionne, à lui seul, très peu de frais ;* il figure pour une très faible part au budget alimentaire. Telle personne, qui dépense 2.400 calories pour son entretien énergétique au repos et en 24 heures, en utilise à peine 9 à 10 de plus quand elle se livre à de longues méditations, résout des équations difficiles, effectue de savants calculs, *pense* 8 heures par jour.

On enfermait la personne dans la chambre calorimétrique décrite plus haut (*fig.* 3), et on lui confiait un gros traité allemand de Physique mathématique. L'énergie, rayonnée sous forme de chaleur, était mesurée du dehors et à son insu.

J'ai vérifié, d'autre part, que la consommation d'oxygène se modifiait *fort peu* quand des étudiants, parfaitement au repos se livraient à des opérations mentales compliquées ([1]). Il est clair que, dans ces différents cas, il s'agissait d'évaluer l'*accroissement de la dépense d'énergie intellectuelle*, attendu que la pensée ne se repose pas absolument. Mais me faire dire que l'énergie passe, au moment où l'intelligence travaille, de zéro à une valeur positive, et relever dans mon raisonnement une véritable « contradictio in terminis » ([2]), qui ne voit que c'est pure injustice, même dans une revue hollandaise ?

« La grande difficulté, répéterons-nous après Voltaire, est donc de comprendre comment un être quel qu'il soit a des pensées. »

Effectivement, la difficulté est là toute entière. Pour ce qui regarde les opérations nerveuses qui fixent les images, les conservent et les représentent, il est aisé de concevoir qu'elles ne s'arrêtent jamais, qu'elles sont le propre de la vie

([1]) J'ai décrit ces expériences dans *Le Moteur humain*, p. 278.
([2]) *Wetenschappelijke Bladen*, t. IV, p. 1 ; 1912.

et se déroulent avec elle. Il n'y a point de repos qui les interrompe définitivement, et à partir duquel on puisse mesurer la dépense qu'entraîne leur exercice profond et invisible. A cet égard, le principe de la conservation de l'énergie qui gouverne l'univers ne reçoit aucun démenti. Mais la pensée garde son mystère; elle demeure lointaine, en dehors du cycle des énergies, et cela est tout à fait déconcertant.

A moins de recourir à une solution dernière, inspirée par les phénomènes dits de *radioactivité*. Certaines substances, en effet, se désagrègent, se dissocient *spontanément* avec une lenteur séculaire, et produisent de la lumière, de la chaleur, de l'électricité. L'exemple du *radium* indique cette transformation de la matière qui s'épuise, s'évanouit après avoir libéré toutes ses réserves d'énergie.

Est-ce que la pensée serait, elle aussi, une manifestation radioactive? Se dégagerait-elle de la substance cérébrale évanouissante par un procédé encore inexpliqué?

S'il en était ainsi, les différences entre les pouvoirs radioactifs ou de dissociation de la matière cérébrale rendraient compte des différences de vigueur et de vivacité intellectuelles. Ce serait comme la caractéristique des sources de lumière, leur intensité ou leur pouvoir éclairant. Toutefois, l'origine radioactive de la pensée n'est pas démontrée. Si l'on a remarqué que les tissus nerveux, et notamment le cerveau, sont très radioactifs (1), on a aussi reconnu que cette propriété résulte de l'absorption des traces radioactives contenues dans les aliments solides et liquides, et dans toutes les eaux minérales.

Tout ce que l'on pourrait hasarder, c'est que la désagrégation des cellules du cerveau libère *directement* et *uniquement* de l'énergie intellectuelle, sans les intermédiaires habituels, sans chaleur, sans émissions électriques. Car nos cellules sont à coup sûr le théâtre d'une évolution matérielle qui atteint jusqu'à la molécule, la brise en fragments infimes et

(1) A. Caan, *Sitzungsb. d. Heid. d. Akad. d. Wissensch.*, mémoire V;1911.

en détruit spécialement les *éléments* et *noyaux phosphatés*. Ce sont les composés riches en phosphore, la portion colorable de la cellule nerveuse, c'est-à-dire la *chromatine*, qui, mis dans un état moléculaire instable par les bases organiques, semblent voués à cette destruction lente, et s'épuisent dans le travail de l'écorce cérébrale ; le corps même de la cellule se réduit [1]. Et, comme dans l'activité musculaire, l'évolution organique qui s'accomplit dans ces substances nucléaires produit des *toxines*, et rend *acide* le milieu chimique qui, normalement et au repos, est *alcalin ;* c'est une désagrégation réelle qui s'aggrave par les excitations extérieures, telles que les impressions lumineuses [2], mais surtout par la fatigue. Alors les réactions nerveuses s'affaiblissent, et la pensée s'arrête, inhibée, empoisonnée : on a même vu que les filaments des neurones se crispent, se rétractent, et les connexions multiples qu'ils assurent dans le cerveau deviennent moins fidèles [3].

Le *repos*, le *sommeil*, l'*aliment*, c'est-à-dire surtout le *sang*, répareront ce trouble momentané.

En attendant des précisions sur l'œuvre délicat et admirable qui épuise graduellement la substance nerveuse au profit d'une énergie du rang le plus élevé, occupons-nous du *travail propre de l'esprit*. Et déclarons qu'il est possible d'*organiser ce travail*, de mieux l'employer si l'on recourt à des méthodes rationnelles, et d'y réaliser d'importantes économies. Car, sous l'infinie variété de ses formes, il nécessite des opérations de même nature, et rien ne distingue, quant à l'économie de l'effort, l'exercice de l'esprit de l'exercice des muscles.

LXXVI. — Organisation du travail intellectuel. — Mais le travail intellectuel est *double*. D'une part, il consiste à

[1] Lugaro, *Arch. ital. Biol.* t. XXIV, p. 258 ; 1895 ; — Guerrini, *ib.*, t. XXXII, p. 62 ; 1899 ; — Marinesco, *Engelm. Arch. f. Physiologie*, p. 89 ; 1899.

[2] Muller et Ott, *Pflüg. Arch.*, t. CIII, p. 493 ; 1904 ; — Lodato et Mieele, *Arch. d. oftalm.*, t. X, p. 204 et 327 ; 1903.

[3] *Trav. Lab. Inst. Solvay*, Bruxelles, t. I et II ; 1897-1898.

trouver en soi-même ou à chercher des *idées*. En second lieu, il s'emploie à les *organiser*, et par là il faut entendre l'utilisation de ces idées dans un *ordre* et sur un *plan* qui les fassent valoir supérieurement.

Il semble que la première entreprise, relativement commode, ait moins besoin que la seconde d'être améliorée et fortifiée. Les réserves d'idées que l'on possède dans son cerveau s'enrichissent par la lecture, la conversation et l'expérience de chaque jour. Or, cela aussi veut une certaine discipline. Lire ou entendre lire ne servirait à rien d'essentiellement utile si l'attention ne s'appliquait à dégager les idées neuves et à en meubler l'esprit, si elle n'éloignait de celui-ci, par un travail d'élimination rationnelle, toutes les réflexions incidentes et les chevilles littéraires qui, généralement, bourrent le discours sans le nourrir.

Il appartient à la pensée, douée précisément du pouvoir de *choisir*, de l'exercer avec rigueur et en y dépensant le moins d'énergie possible.

On doit élever l'*enfant* dans ces principes, en lui apprenant à ne s'attacher qu'aux idées maîtresses d'un propos, au lieu de courir à toutes celles qui brillent et dont l'éclat souvent masque la fragilité. Le maître ou le conférencier doivent lui montrer comment l'art de parler, de bien parler, sert à donner un relief saisissant aux choses de l'esprit qui en sont dignes et les impose à l'intention. Je refuserai toujours ma confiance universitaire au professeur qui parle mal, et, loin d'exposer comme en vitrine les perles du savoir, les enfouit dans le fumier de son obscur verbiage. En outre, l'éloquence n'est véritable que si elle est *ordonnée*. Les meilleurs orateurs ont le cerveau parfaitement organisé ; ils ne l'ont pas nécessairement très chargé. L'érudition en toutes sortes de matières leur serait presque une gêne, tandis qu'en s'exerçant dans les mêmes sillons de la pensée, elle les dispose à disserter aisément et comme sans effort, elle les entraîne et les adapte à un mode d'activité intellectuelle spécialisée.

Cette spécialisation, nous ne voulons pas qu'elle soit exclusive d'une *culture générale* solide ; elle y trouverait, au contraire, son cadre naturel qui s'harmoniserait le mieux avec elle. Mais il faut bien moins redouter la division du travail, qui limite le champ de l'esprit, que le déréglement de ce dernier sous l'empire d'un travail surabondant et divers. On ne s'égare point dans une allée, tandis que la forêt est traîtresse.

De même que la parole, l'écrit veut de l'ordre et de la méthode pour faciliter chez le lecteur l'assimilation des *idées dominantes*, les seules qui comptent, et pour ne pas disperser l'attention. L'*art d'écrire* revient donc à être simple, droit, précis, c'est-à-dire *clair*, et à bien concevoir pour « énoncer clairement ! ». En définitive, l'écrivain est toujours compris quand il sait profondément et méthodiquement. Il pourra, suivant le mot de Montaigne, enseigner « sans larmes » le grec et le latin, et avant tout les sciences, dont l'objet essentiel est l'*économie de la pensée* par des démonstrations et des lois générales. Que de temps et d'efforts seraient épargnés aux étudiants de tout âge, s'ils n'étaient trop souvent obligés de relire plusieurs fois un auteur avant de le comprendre ! Mais combien d'auteurs seraient épargnés si l'obscurité cessait de régner dans les centres d'enseignement ! Notre temps répugnerait à une police qui ne laisserait plus circuler les écrits désordonnés, qui interdirait sur les routes de la littérature le vagabondage des idées. Tout de même, c'est une question qui mériterait examen. On n'écrit pas pour soi ; on s'adresse aux lecteurs, jeunes ou vieux, et on prétend les *instruire*. Il s'agit de décider que cet enseignement soit élaboré de telle manière qu'il coûte à qui le reçoit le *minimum d'effort*, et lui procure la joie et le profit de forger sa conscience.

Les faits qui instruisent sont les faits importants, parce qu'ils fixent l'attention et sont représentatifs : ce sont de vrais *symboles*. La science emploie de tels symboles pour nous éviter le détail ; elle recherche des relations numériques, puis, ne retenant que le caractère général de ces rela-

tions, elle néglige les nombres. L'algèbre à cet égard conduit à une épargne intellectuelle par ses notations ; de même la physique, et toute science qui a un caractère mathématique.

Le *caractère logique* de la liaison des faits doit être établi avec un égal souci. C'est, par exemple, le *lien de causalité*. Il est bon qu'une chose en entraîne une autre comme sa conséquence. Quelle merveilleuse découverte que celle d'un enchaînement universel et logique des conquêtes du savoir !

Les lois les plus belles ont le domaine le plus étendu ; telle est la loi de la *gravitation universelle* de Newton ou de la *réfraction* de Descartes. Et c'est parce qu'elles exigent une moindre fatigue intellectuelle.

D'autres idées se forment, enfin, de l'expérience de la vie, vécue dans sa plénitude, telle qu'elle est, toute accidentée comme une mer où abondent les récifs. N'arrachons jamais entièrement l'adolescent à ces difficultés de l'existence, encore moins à celles qui naissent des hommes que des choses. L'égoïsme et les défauts d'ordre moral qui se peuvent rencontrer chez nos semblables lui donneront d'inoubliables leçons. Mais il faut veiller à ce qu'il se tire des mauvais pas, et soutienne les batailles sociales par une conduite droite et honnête. La vertu, comme la vérité, sont des armes terribles, qui triomphent de tout. On doit apprendre à les manier, et c'est un apprentissage d'action.

Voilà comment on entretient et règle le travail de l'esprit, considéré au point de vue de son ravitaillement, de son alimentation régulière. Pas d'aliments inutilisables ou de mauvaise qualité, pas de gaspillage d'énergie cérébrale.

LXXVII. — Le second point de vue, remarquions-nous, embrasse le *travail de la pensée* utilisant les matériaux accumulés. Elle procède ainsi : voulons-nous réfléchir à un sujet, résoudre un problème scientifique ou philosophique ? Peu à peu nos idées s'éveillent, se pressent, s'agitent. Généralement, elles apparaissent dans l'*ordre naturel*, c'est-à-dire iso-

lées, sans lien, déterminées chacune par une sorte de réaction ou de réflexe.

L'ordre naturel, c'est, par comparaison, celui d'une troupe en marche quand on a fait rompre le pas. Les hommes vont en tous sens, attirés diversement, *livrés au hasard*. Pour qui les voit de loin, la troupe marche avec ensemble, malgré la confusion des rangs et des grades. Mais elle progresse moins vite, elle présente moins de cohésion et de solidité, et aussi moins d'élégance qu'une troupe qui observe le pas, serre les rangs derrière ses chefs et se plie à leurs directions.

La même discipline doit s'appliquer aux idées qui cheminent en foule sur toute l'étendue de l'esprit. Dans les débuts, en faisant notre apprentissage, nous les laisserons se succéder *spontanément* sous notre plume, et quand il n'en restera plus une qui vaille la peine d'être notée par écrit, nous les soumettrons à un examen sévère. Telle idée sera la première qui, dans l'ordre naturel, s'était trouvée troisième ou quatrième, et ainsi des autres. Toutes seront classées, hiérarchisées, pour que l'accessoire ne l'emporte point sur le principal, et qu'une succession réglée *intérieurement* leur conserve à la fois et leur vertu propre, et cette vertu seconde qui résulte des relations logiques établies entre elles.

Un pareil enchaînement exclut les longueurs, interdit les digressions et les inutiles propos. L'économie de mots, c'est l'économie de temps par des moyens qui accroissent singulièrement la vigueur du raisonnement, et le développent dans une lumière concentrée.

Il appartient à l'*habitude*, régulièrement entretenue, d'imposer à la pensée cette manière de travailler, quel que soit le fond d'idées livré à son labeur. Ainsi elle parvient à rendre aisée, presque automatique, le classement des idées, pourvu que l'*attention* rectifie, à tout moment, les écarts de cette discipline. On conçoit que celle-ci s'accommode mal des excitations vives et nombreuses qui, du dehors, ébranlent ses cadres, et pourquoi la *réflexion*, la *méditation* sont plus efficaces quand on réussit à s'abstraire de son entourage. Un

cerveau richement garni élaborera, dans cette tour d'ivoire, des pensées cohérentes et ordonnées. Un savant, un directeur d'usines, un ingénieur, pourront confronter plus utilement et sûrement les faits de leur expérience acquise. Ne suivons jamais le « premier mouvement »; c'est le plus irréfléchi, c'est un réflexe déterminé par une action extérieure; au contraire de l'adage populaire, il n'est pas le « bon mouvement ». Instruisons-nous et prenons le temps de discuter avec nous-mêmes. Habituons nos *voies cérébrales d'inhibition* et les *neurones de contrôle* au travail d'élimination nécessaire. L'homme qui, un peu par hérédité, beaucoup par éducation, offre ce type d'organisation nerveuse, doit l'emporter en toute circonstance sur les autres hommes; car il aura de la *fermeté*, du *jugement*, de la *méthode*. Il sera compris et obéi sans effort.

On peut être également assuré qu'une des préoccupations les plus hautes de l'*orateur*, c'est de faire saisir sans fatigue, et dans un ordre parfait, les divers éléments de son discours. Sa *mémoire* est-elle peu sûre, il a recours à un plan tracé d'avance. Les *ornements* qu'il emploie ont pour raison de capter l'attention pour la préparer à suivre l'exposé, et de la soutenir tout du long. Ils favorisent la mise en train du travail intellectuel que l'on réclame d'autrui, et en rompent la continuité. Car l'activité de l'esprit est *rythmique* et *intermittente* comme l'activité des muscles. La vie psychique se dérobe par intervalles au courant des idées et se réfugie, de préférence, sur des berges fleuries.

Il semble que la *rhétorique* soit née de ce double besoin d'ordre et de méthode. Il faut donc de la rhétorique, mais pas trop n'en faut. Ce serait aller contre les principes scientifiques expliqués en ces lignes que de réduire le domaine des idées au profit de celui des mots, fussent-ils des plus heureux et des plus somptueux. La parure du discours est un moyen, et non pas une fin. Quand je parcours plusieurs pages d'un livre fardé de belles phrases, sans pouvoir y relever de belles idées, au moins quelques-unes, bien vite je l'abandonne.

Heureux l'auteur qui peut donner à penser! Il n'aura jamais de sots lecteurs.

LXXVIII. — **Applications.** — Le mouvement, dans la nature, est donc *gaspillé*, parce qu'il ne trouve pas les conditions qui favorisent sa parfaite utilisation, pas plus dans l'ordre physique que dans l'ordre intellectuel. La mécanique s'efforce vers cette perfection pour les moteurs inanimés et les moteurs vivants; elle ne l'atteindra qu'à la longue, malgré les sérieux progrès de ces dernières années.

En ce qui concerne la pensée, elle ne peut guère fournir que des indications, de simples règles pratiques, qui permettent de réduire la fatigue et de bien orienter l'exercice de l'esprit. Cet exercice, écrivions-nous, « est susceptible de discipline et de méthode. Une grande puissance intellectuelle peut se manifester dans le désordre et le débordement. Un pareil gaspillage est la suite d'une éducation anti-scientifique et d'habitudes de raisonnement déréglées. Les mécanismes délicats du cerveau ne doivent être ni faussés, ni excédés [1]. »

Il faut, par conséquent, raisonner ses actes, approprier et disposer clairement ses idées, en les habillant, si l'on veut, à la mode du jour. Autrement, on s'exposerait à rebuter ou à n'être pas compris. Dans l'étude, il faut prêter toute son attention, peser chaque mot, délibérer de chaque dessein. Si le travail est d'une importance secondaire et si, par nécessité professionnelle, son *exécution doit être rapide*, il convient de sacrifier à cette vitesse un peu de l'intelligence qu'on met à l'ouvrage, à moins qu'il ne soit possible de les concilier toutes deux. L'*effort psychique* se mesure par l'attention, et la *vitesse de la pensée* par le nombre de faits différents qu'elle embrasse dans un temps donné. La fatigue cérébrale est la résultante de ces deux facteurs.

Pour diminuer la fatigue, on coupera le travail intellectuel

(1) *Le Moteur humain*, p. 590.

en périodes d'*une à deux heures* suivant sa nature, et on les fera alterner avec des périodes de *repos relatif*, c'est-à-dire que ces intervalles de temps seront consacrés à un exercice physique modéré : promenades, jeux, conversation.

Un effort psychique de plusieurs heures affaiblit les réactions cellulaires, intoxique les neurones, et par là il nuit à la qualité comme à l'ordre des idées : l'écrivain hésite, l'ouvrier se trompe ; l'un et l'autre ont subi une *dépréciation momentanée ;* il faut éviter qu'elle s'aggrave.

Consacrer deux heures de classes aux sciences exactes, sans une interruption de quelques minutes, c'est commettre une faute de pédagogie ; car à la fin de la première heure la capacité d'attention, et l'aptitude à comprendre sont déjà déprimées [1] ; elles le sont davantage l'après-midi que le matin. Mais le fond d'énergie nerveuse peut se reconstituer par une *alimentation convenable* et quelques mouvements au grand air, par les spectacles gais, les distractions de la vue et de l'ouïe. Il faut rompre la monotonie du travail quel qu'il soit, en se conformant à la *loi du rythme* qui gouverne l'organisme et qui est inscrite particulièrement dans les centres du cerveau. Elle seule permet à l'activité humaine de demeurer intacte, régulière, efficace.

Voilà pourquoi on doit profiter de ces saines doctrines et chercher à approprier les efforts de l'esprit au résultat à obtenir, à les coordonner, à n'en rien dissiper en pure perte. A mesure des progrès de cette discipline, on s'aperçoit que la fatigue, pour la même durée et le même mode d'exercice de la pensée, diminue graduellement.

LXXIX. — Tels sont les principes nouveaux que je m'étais proposé d'expliquer, et dont on aperçoit les nombreuses applications, soit industrielles, soit sociales. Il en est une, cependant, qui touche au développement intellectuel de l'enfant : c'est l'*art d'apprendre*, sur lequel M. Marcel Prévost a disserté

(1) BELLEI, *Riv. sp. freniat. e med. leg.*, t. XXX, p. 17 ; 1904.

avec force dans quelques maîtresses pages [1]. L'éminent écrivain a montré tout ce que l'organisation scientifique de l'enseignement aurait de vertu éducative, et toutes les vérités profondes qu'elle contient. Ni Taylor, ni moi, qui avions considéré le problème dans toute sa généralité, et formulé des lois en quelque sorte universelles, n'aurions pu aborder aussi utilement une matière spéciale comme l'art d'apprendre. Et tandis qu'on voit un élève de Taylor condamner jusqu'à l'abus des *ornements calligraphiques* [2], que la *comptabilité* commerciale et administrative affirme, au moins en apparence, des velléités de progrès dans la *réduction des paperasses*, il me plaît de rappeler ce passage très curieux de Montaigne : « Les lettres de ce temps, écrivait-il, sont plus en bordures et préfaces qu'en matière. Comme j'ayme mieux composer deux lettres que d'en clore et plier une, et résigne toujours cette commission à quelque autre, de même, quand la matière est achevée, je donnerais volontiers à quelqu'un la charge d'y adjouter ces longues harangues, offres et prières que nous logeons sur la fin, et désire que quelque nouvel usage nous en descharge. »

(1) Voir *Annales politiques et littéraires* du 21 décembre 1913 au 29 mars 1914.
(2) Gilbreth, *Motion Study*, p. 100.

CHAPITRE VIII

L'APPRENTISSAGE

LXXX. — **Apprentissage et réapprentissage.** — L'apprentissage est le facteur décisif de la fortune des nations. Il consiste dans la *formation* technique et psycho-physiologique de l'homme. Toute profession nécessite un apprentissage par lequel elle devient une habitude de l'esprit et du corps, habitude qui laisse plus ou moins de traces dans l'organisme, et crée les dispositions.

Sans aboutir à une sorte d'instinct, comme chez les abeilles l'instinct de construire une ruche, de telles dispositions héréditaires favorisent la perfection, l'habileté dans un métier. La *répétition des mêmes actes*, *des mêmes raisonnements*, donne au système nerveux une sensibilité particulière qui rend plus aisée l'exécution de ces actes et oriente et guide les pensées dans une voie déterminée. On connaît de nombreux exemples de *vocation professionnelle*, soit de musiciens, soit de médecins, de littérateurs, de militaires ; et dans les siècles écoulés, la vocation du métier avait une très grande force au sein des *corporations*, et régnait en souveraine sur les familles. Tout cela, depuis 40 à 50 ans, s'est complètement modifié, au détriment de notre prospérité. Nous avons cessé d'aimer la profession pour elle-même ; la jeunesse est fière et ambitieuse... « Ouvrier ne suis, apprenti ne daigne, fonctionnaire suis. » On cherche les situations qui demandent le moindre effort et procurent, cependant, richesse et honneur. A voir l'ignorance et l'incompétence

gouverner partout la société, on se décourage et on comprend pourquoi tant de personnes clairvoyantes dénoncent la *crise de l'apprentissage*. Car tous, à quelque niveau social que nous soyons, nous avons besoin d'apprentissage, c'est-à-dire de leçons de choses, leçons de la vie si fécondes en vertus, en idées, en principes de discipline et d'enseignement.

L'âge où ces leçons donnent les meilleurs fruits, c'est, avons-nous vu (§ 19), le jeune âge, entre 13 et 20 ans pour les garçons, 11 et 18 pour les filles. *Au point de vue purement industriel*, l'armée du travail doit avoir achevé son apprentissage à l'heure de passer sous les drapeaux. Elle est donc éduquée, instruite dans la période de sa croissance physiologique et morale. Mais aujourd'hui, les blessés que la guerre oblige à changer de métier, les impotents graves et les mutilés, entreprennent un nouvel apprentissage à 25 et parfois 30 ans. Ce *réapprentissage* est évidemment facilité par l'expérience générale et la maturité de l'esprit ; ce n'en est pas moins un système d'éducation très délicat, où il faut craindre de se tromper sur l'*orientation professionnelle* à prendre, et sur les *capacités physiques disponibles*. Nous en reparlerons en son temps.

L'organisation de l'apprentissage pose donc un double problème, de *technique à la fois et de physiologie*, de pratique professionnelle et d'hygiène sociale.

LXXXI. — **État actuel de l'apprentissage.** — Mais d'abord en quoi consiste la *crise* dont il est question, quelle en a été l'origine, et quels remèdes lui ont été trouvés ? — On se plaint que le milieu où se formait l'apprenti n'existe plus, par cela même que les corps de métiers et corporations ont cessé d'avoir une existence légale (*loi Chapelier du 17 juin* 1791), et qu'ainsi l'atmosphère de travail, le compagnonnage, la direction et le conseil permanents nécessaires à l'élève ont complètement disparu. La Constituante aurait détruit à tout jamais la véritable école d'éducation technique.

On incrimine encore le progrès inévitable du *machinisme*,

car à l'usine ou à l'atelier qui travaillent avec intensité, les ouvriers, les manœuvres, les apprentis sont occupés chacun à une besogne *élémentaire* qui fait partie d'une besogne générale; ils sont les rouages d'un système mécanique où les fonctions ne sont guères interchangeables. De telle sorte que l'ouvrier connaît *seulement un fragment du métier*, un seul élément du travail. Il lui est impossible d'embrasser l'ensemble de la profession; livré à lui-même, hors de l'usine, il éprouve bientôt sa profonde ignorance : ouvrier horloger, il ne sait pas faire une montre; cordonnier, il est incapable de faire un soulier. — Ce défaut est réel; il est inhérent à toute organisation fondée sur la *division du travail;* il est donc inéluctable.

On dit enfin que les rapports entre apprentis et patrons, que leurs droits et devoirs sont mal définis, faute de lois bien élaborées et d'arbitrages adéquats. « L'intérêt bien compris, écrit Beignet, est dans le rapprochement des deux entités sociales : les milieux ouvriers et les milieux patronaux, au moyen de groupements professionnels (1). » Mais cela ne résout rien, et l'arbitrage ou l'entente, qui sont toujours utiles, ne modifient pas les conditions de l'apprentissage.

La *loi du 22 février* 1851 sur le contrat d'apprentissage a certainement fait beaucoup en cette matière; elle oblige le maître à enseigner à l'apprenti *tout son métier*, et à ne pas l'occuper à des besognes sans profit pour son instruction, ni supérieures à ses forces physiques, ni insalubres (article 8). « Un jugement du tribunal de Limoges, du 30 janvier 1906, s'appuyant sur la loi de 1851 et sur les articles 1134 et 1137 du Code civil, consacre le droit des parents de rompre un contrat et d'obtenir des dommages-intérêts pour le temps perdu, quand un patron ne fait faire à un apprenti qu'une partie du travail de la profession, qui n'augmente en rien son instruction personnelle. C'est là, déclare Dubief, une garantie sérieuse, une protection véritablement efficace (2). »

(1) A. Beignet, *La Décadence de l'apprentissage en France*, p. 18; Angers, 1911.
(2) F. Dubief, *L'Apprentissage et l'enseignement technique*, p. 15 ; Paris, 1910.

La loi de 1851 est, néanmoins, insuffisante : si elle combat les abus possibles, elle n'édifie pas un système d'éducation contrôlée ; elle ne vise pas à améliorer l'instruction des apprentis, et n'apporte aucun élément d'appréciation sur la renaissance des corps de métiers, et la défense du *métier intégral* contre sa fragmentation par le machinisme. Légiférer n'est pas organiser.

LXXXII. — **Écoles professionnelles.** — Ce qui a été une œuvre maîtresse d'organisation à la fois et de contrôle sérieux, c'est la création des *écoles professionnelles*, dont l'objet essentiel est d'instruire et d'éduquer, de former l'esprit et la main, d'apprendre tous les éléments, théoriques et pratiques, du métier. « S'il est exact, disait Millerand, qu'en quelques semaines, un manœuvre puisse apprendre à conduire une machine, il n'en est pas moins vrai, d'une vérité profonde, que l'intérêt de la production nationale, comme du producteur lui-même, l'intérêt du pays qui a besoin d'une race intelligente et instruite, exigent impérieusement des ouvriers connaissant l'ensemble de leur profession, possédant des notions scientifiques suffisantes pour comprendre le fonctionnement d'une machine, la réparer, lui trouver au besoin des améliorations. » (Cité par Dubief : *l. cit.*, p. 41.)

Les écoles d'apprentissage, il y en eut déjà en France, sous l'ancien régime, même au XVIe siècle ; il y eut la *Maison de l'abbé Étienne de Barberé*, fondée en 1640 au faubourg Saint-Antoine ; et la *Maison de la Trinité*, encore plus vieille, dans le quartier Saint-Denis, en faveur de laquelle un édit royal de 1531 autorisa les patrons à prendre deux apprentis au lieu d'un, comme c'était la règle.

Ces établissements recrutaient surtout les orphelins ; c'étaient des ateliers où le travail, la charité, la religion se mêlaient en des proportions curieuses. Des ecclésiastiques dirigeaient, des patrons, retirés en ces milieux de piété, enseignaient. On se disputait, avec les patrons libres et en boutique, les faveurs du roi et la protection de la police.

Et malgré cette situation précaire, il se forma, dans ces ateliers, des apprentis faisant « chemises de maille et brigan-



FIG. 64. — Métier à faire des bas (XVIIIe siècle).
A gauche, un ouvrier travaille au métier à bas. A droite, une ouvrière a, devant elle, le rouet de Lyon.

tines, que l'on porte de pays étranges; tissutiers qui font les



FIG. 65. — Atelier normand d'épinglier (XVIIIe siècle).
On y voit les ouvriers devant un châssis de verre qui garantit les yeux de la limaille.

anciens passements, les autres draps d'or et de soye (*fig.* 64); espingliers, esquilliers (*fig.* 65), boursiers, faiseurs de

cardes à carder et autres mestiers usités en France ([1]) ».

Mais on y travaillait peu afin de chanter plus souvent les psaumes.

L'intention n'en était pas moins louable; et je rappelle cette tentative pour montrer que l'éducation de l'apprenti doit être *purement professionnelle*. Si les maisons de charité avaient une excuse pour donner le pas aux exercices religieux, les corporations de jadis, les patrons, commettaient un abus en faisant de l'élève un domestique. « L'apprenti était, en effet, suivant le mot de Dubief, la *chose* du patron. »

L'école, au contraire, lui donne la liberté, mais une *liberté méthodique*. Le ministère du Commerce y a insufflé l'âme universitaire, non pas, comme le redoute justement Bourrey ([2]), pour confondre les méthodes de l'Instruction publique et de l'Industrie, ni pour accepter les empiétements d'un office sur un autre, mais à coup sûr pour nourrir davantage l'éducation technique et la réchauffer et l'éclairer de tous les feux du savoir humain. Le choix des maîtres est une garantie contre les excès; à eux de doser l'instruction générale, sans laquelle toute instruction spéciale demeure obscure et bornée; il leur appartient de proportionner et d'harmoniser, de sélectionner et d'adapter. Tel doit être l'esprit des programmes.

On compte, actuellement ([3]), 80 écoles professionnelles de degré primaire, dont 15 de la Ville de Paris. Écoles privées ou de l'État, elles assurent l'instruction de 25.000 élèves; elles sont aidées par la Société philotechnique de Paris (7.568 élèves), la Société d'Enseignement professionnel du Rhône, à Lyon (5.632 élèves), les Cours industriels et commerciaux du Nord sortis du labeur admirable de M. Labbé (4.730 élèves), si bien que *125.000* jeunes gens reçoivent l'enseignement qui leur est utile, et coûtent plus de 7 mil-

([1]) M. Fosseyeux, *Les Maisons d'apprentissage sous l'ancien régime*; Paris, 1913.

([2]) G. Bourrey, *Le Problème de l'apprentissage et l'enseignement technique*; Paris, 1913.

([3]) Je me sers des chiffres de M. Barbe, *La Question de l'apprentissage* (Ligue française de l'enseignement; Paris, 1913).

lions au budget (année 1907), soit 56 francs par élève. Il reste, cependant, plus de 800.000 élèves possibles, n'ayant pas 18 ans, et qui ne trouvent pas de place à ces foyers d'action et de pensée. Les partisans des écoles professionnelles déclarent, par conséquent, qu'il faut persévérer dans l'effort et consentir de nouveaux sacrifices budgétaires. Mais qu'est-ce donc qui caractérise la méthode dont on voudrait un si grand élargissement? « C'est, d'après M. Barbe, l'introduction de l'atelier à l'école, l'union intime de la théorie et de la pratique, et leur collaboration par l'atelier et le bureau commercial, dans le but de rendre nos élèves immédiatement utilisables, dès leur sortie, à l'usine ou au magasin. » (*L. cit.*, p. 16.)

Cette collaboration n'est pas réalisée de la même façon dans tous les pays. En Allemagne, où l'on compte plus de 700.000 élèves, qui reviennent chacun à 50 francs, comme à Hagen, en Prusse (école de construction mécanique : 240 élèves), les écoles d'apprentis, les *Fortbildungs-Schulen* sont organisées de manière à compléter l'œuvre de l'atelier, mais celle-ci doit précéder et, pour ainsi dire, façonner le jeune travailleur. Les corps de métiers ont une existence effective, et l'apprentissage tout pratique qu'ils donnent est nécessaire pour être autorisé à exercer un métier, et, auparavant, pour pouvoir suivre les leçons de l'école. Le dressage du corps avant celui de l'esprit, les besoins économiques avant les besoins intellectuels. Le cerveau allemand est un rouage de l'industrie allemande, commandé par elle, dans le sens et à la vitesse qui lui conviennent. Les écoles sont faites pour les fabriques et croissent en nombre et en spécialités suivant les nécessités régionales (1). Les cours sont gradués et choisis en vue de produire des intelligences d'une orientation déterminée, mais toujours l'instruction pratique l'emporte sur l'autre et retient davantage l'apprenti. Le *goût de l'utile* est stimulé officiellement dans l'Allemagne tout entière.

(1) Curt Kohlman, *Fabrikschulen*, p. 65-72; Berlin, 1911.

Les deux exemples contraires, de la France et de l'Allemagne, caractérisent l'ensemble des idées dont les autres pays, avec des variantes nombreuses, se sont inspirés; ce sont surtout nos méthodes que l'on a appliquées, et l'école professionnelle type français assure d'*abord* l'instruction technique générale sans perdre le contact de la pratique, et même des usines et ateliers extérieurs.

Voilà quel est, en résumé, l'état présent de l'apprentissage : d'un côté le Gouvernement s'efforçant à une organisation, si l'on peut dire, dont il n'a guère les plans; d'un autre côté, le monde industriel, animé de velléités d'entente et d'action, tantôt courant vers les lumières de la science économique, et tantôt s'arrêtant au seuil des réformes sociales. Désirs, volontés généreuses ou courroucées, mais chimères qui s'évanouiront au jour des réalités. L'apprentissage veut une méthode scientifique, c'est-à-dire des principes qui ne laissent rien à l'imprévu et qui se suffisent à eux-mêmes. C'est ce que nous allons tâcher à préciser brièvement.

LXXXIII. — **Organisation de l'apprentissage**. — C'est à l'école professionnelle, et par elle, que doit être entreprise l'œuvre d'organisation de l'apprentissage. Prolongement naturel de l'école primaire, elle prend l'enfant dans les meilleures conditions pour lui enseigner un métier. Car il aura eu le temps, jusqu'à 13 ans, de s'instruire dans les éléments de la langue française, des mathématiques, des sciences physiques et naturelles. Et ces notions indispensables ne peuvent pas avoir déterminé chez lui une vocation quelconque. Il est donc tout préparé pour recevoir une instruction spéciale, un entraînement théorique et pratique en vue du métier choisi.

Je dis que l'*entraînement théorique est nécessaire :* il facilite l'apprentissage en l'expliquant; il projette sa lumière sur tous les détails du travail, et en révèle les défauts et les qualités, sans quoi les progrès seraient lents, les perfectionne-

ments très pénibles ou impossibles ; il développe surtout l'esprit d'invention, le goût du « fini », et l'amour profond de la profession. Son empreinte ne s'effacera pas du cerveau du travailleur qui, non moins que le savant, se réjouit de voir l'expérience répondre exactement aux prévisions de la théorie, et la géométrie gouverner l'art véritable.

Dans la société moderne, l'avenir est aux plus instruits ; nul, je l'espère, ne voudra répéter l'hérésie de Voltaire « qu'on n'a besoin que d'une plume pour deux ou trois cents bras ». La plume de Voltaire, certainement. Mais la plume de l'ouvrier, il la faut innombrable. Et quand les leçons de sciences sont conçues de telle façon qu'elles donnent à l'apprenti une *connaissance raisonnée* de son métier, étendent son horizon, affinent son intelligence, ce serait folie d'en discuter l'utilité primordiale. Il n'y a pas d'exemple d'ouvrier qui ait regretté ces leçons ; et il y en a beaucoup du contraire. Taylor, de simple homme d'équipe, devint ingénieur à force de s'instruire, en payant des maîtres très doctes. Je gage qu'il eût aimé mieux perdre son immense fortune que son savoir théorique.

Les cours que l'enfant a rédigés sur le banc de l'école se gravent dans sa mémoire et le dirigent toute sa vie ; il y reviendra, il consultera ses cahiers pour redresser son jugement et guider ses actes, car cet enseignement, il l'a pratiqué, il l'a éprouvé, et il y a confiance. Combien d'entre nous se replongent parfois dans la lecture des vieilles leçons pieusement conservées, et sont heureux que le papier jauni leur parle encore le langage incomparable de leurs maîtres !

De l'école primaire à l'école professionnelle il doit y avoir *continuité* par les voies de la spécialisation et de la gradation. La nature du métier fixe le choix des matières à enseigner et les proportions à y observer ; l'apprenti horloger, ou mécanicien de précision, veut plus de dessin, de sciences exactes, de métrologie ; notre *école de Cluses* réalise admirablement ce mode d'instruction. Mais on imagine qu'il faut, par exemple, plus de sciences naturelles, de notions agri-

coles, de chimie — et toutes appliquées aux besoins régionaux — dans les écoles qui préparent les futurs ouvriers de la terre, de cette terre de France si riche, que délaissent trop souvent, par un calcul malheureux, les bras de nos travailleurs. Ce n'est pas mon objet d'en dire davantage, et je laisse aux maîtres qualifiés d'en débattre avec les préjugés, et de faire aimer les champs et la moisson autrement que dans les *Géorgiques*.

L'école professionnelle, a-t-on dit, produit des théoriciens et arrête l'essor de la conscience personnelle. — Plaisante prétention ! Théoriciens, ils voudraient tous l'être ceux qui en médisent; ça leur a manqué de *savoir* si jeunes ; et dans un mouvement de dépit, ils protestent contre les routes royales : « Peinez comme nous, attendez tout de la longue et douloureuse expérience de la vie », semblent-ils dire à ces apprentis de 13 à 14 ans. Ce sont là généralement des reproches d'ouvriers. J'en sais qui ne pensent pas comme eux. Et combien s'efforcent à rattraper, aux cours du soir, quelques rudiments de théorie, malgré les fatigues du jour ! Ceux-ci répondent à ceux-là et les condamnent sans appel.

Quant à la conscience et à l'initiative personnelles, elles sont mal accusées à l'âge dont nous parlons ; mais après l'école elles s'épanouiront normalement, claires et régulières ; la vie, en très peu de temps, achèvera leur développement. J'ai déjà expliqué à quelle impossibilité physiologique et psychologique on se heurte, en essayant de transformer la *période d'absorption* de l'esprit humain en une *période de restitution* et de création ; il est même imprudent de vouloir trop hâter celle-ci, comme Ostwald l'a tant de fois préconisé. Car la nature évolue par transitions lentes ; si l'on brusque son mouvement, il en résulte une *perte de forces vives*, plus grave dans l'organisme vivant que dans les machines.

Et je prétends aussi que l'école professionnelle a sur l'atelier, — dont les défenseurs sont encore nombreux, — sur l'atelier exclusif s'entend, une double supériorité : *supériorité scientifique*, cela est évident. L'ouvrier, à supposer qu'il enseigne

tout son métier à l'apprenti, ne fait lui-même aucun progrès. D'ouvrier à ouvrier la chaîne se prolonge et se ferme sans que le moindre chaînon de science s'y soit ajouté. C'est un cercle vicieux. L'horizon se limite à l'établi — tandis qu'au dehors, des flots radieux inondent le firmament. Au contraire, les maîtres sont plus doctes de génération en génération ; ils participent à tout moment de l'universel progrès, et leurs élèves en profitent. L'industrie moderne exige ce développement constant de l'instruction des ouvriers.

Et il y a, en outre, une *supériorité morale* dans l'apprentissage par l'école, d'autant plus appréciable qu'il s'agit d'enfants, et que sur eux le mauvais exemple, les actes et les paroles inconsidérés ont une influence plus pernicieuse. On ne saurait mieux dire à cet égard que Liébaut, dans un rapport plus que trentenaire fait à la Chambre syndicale des mécaniciens : « Chacun connaît, disait-il, les tristes fruits de l'apprentissage à l'atelier : au point de vue de l'éducation, il produit trop souvent la paresse, la haine irréfléchie et presque toujours injuste du patron, du contremaître et de tout ce qui commande et a droit à l'obéissance, les funestes habitudes de l'ivrognerie et de la débauche; — au point de vue de l'instruction professionnelle, l'apprentissage manque complètement de méthode, et ne procède que par esprit de servile imitation et de routine. »

LXXXIV. — **Technique de l'apprentissage.** — Pour que l'école donne *intégralement* cette instruction professionnelle, ce n'est pas assez des avantages de l'enseignement théorique et du milieu qu'elle procure à l'apprenti ; elle doit assurer l'enseignement, l'*entraînement pratique*, celui-là même qu'offre l'atelier.

La pratique du métier est un art, incontestablement, mais l'art est toujours l'expression d'un effort méthodique, discipliné, c'est-à-dire d'une science qui a des lois propres. Les arts et métiers sont des sciences appliquées dont l'éternelle beauté enchanta l'imagination, aux temps reculés, à tel point

qu'elle en fit des divinités olympiennes. L'ouvrier qui possède à fond un métier est l'égal du savant.

Les principes qui doivent guider l'apprentissage pratique sont d'ordre *physiologique* et *mécanique*. D'abord, le maître examinera avec soin l'aptitude de son élève ; il ne laissera pas larmoyer sur le *tour* celui qui se trouvera bien de manier la *charrue ;* il éloignera des métiers de force les sujets débiles ; tous les facteurs, en un mot, que nous avons définis plus haut, seront considérés pour que les futurs ouvriers soient bien armés dès leur entrée dans la profession. C'est ici que l'action de l'instituteur sera des plus utiles, pour conseiller les familles et renseigner le directeur de l'école professionnelle. Il conviendrait que ces renseignements fussent inscrits sur le *carnet scolaire* de l'élève, et servissent à éclairer la conscience des parents et des maîtres. Mais j'ai dit aussi combien ces indications demandent d'attention, et quelle restriction on doit toujours y apporter. Leur importance n'en est pas moins sérieuse.

On montrera aux apprentis les *précautions d'hygiène* qui garantiront leur santé, suivant le genre de travail qu'ils auront à faire, et les *accidents du travail* à redouter. Ils seront ainsi des hommes avertis.

On leur fournira des ouvrages élémentaires qui soient de nature à stimuler l'amour du métier, sa fierté, sa noblesse ; il faut substituer aux traditions de corps et de corporations l'ambition féconde d'être des ouvriers modèles, instruits, suivant et même pressant la marche du progrès. En créant cet état d'esprit, on aura résolu tout le problème psychologique de l'apprentissage, qui complète si heureusement le problème physiologique.

LXXXV. — **Éducation des mouvements.** — Mais c'est à la *méthode graphique*, en ses applications innombrables, et telle que je l'ai expliquée par l'exemple de l'*apprenti limeur* (§ 53), qu'il faut demander les leçons expérimentales qui instruiront et discipelineront la jeunesse, qui rempliront,

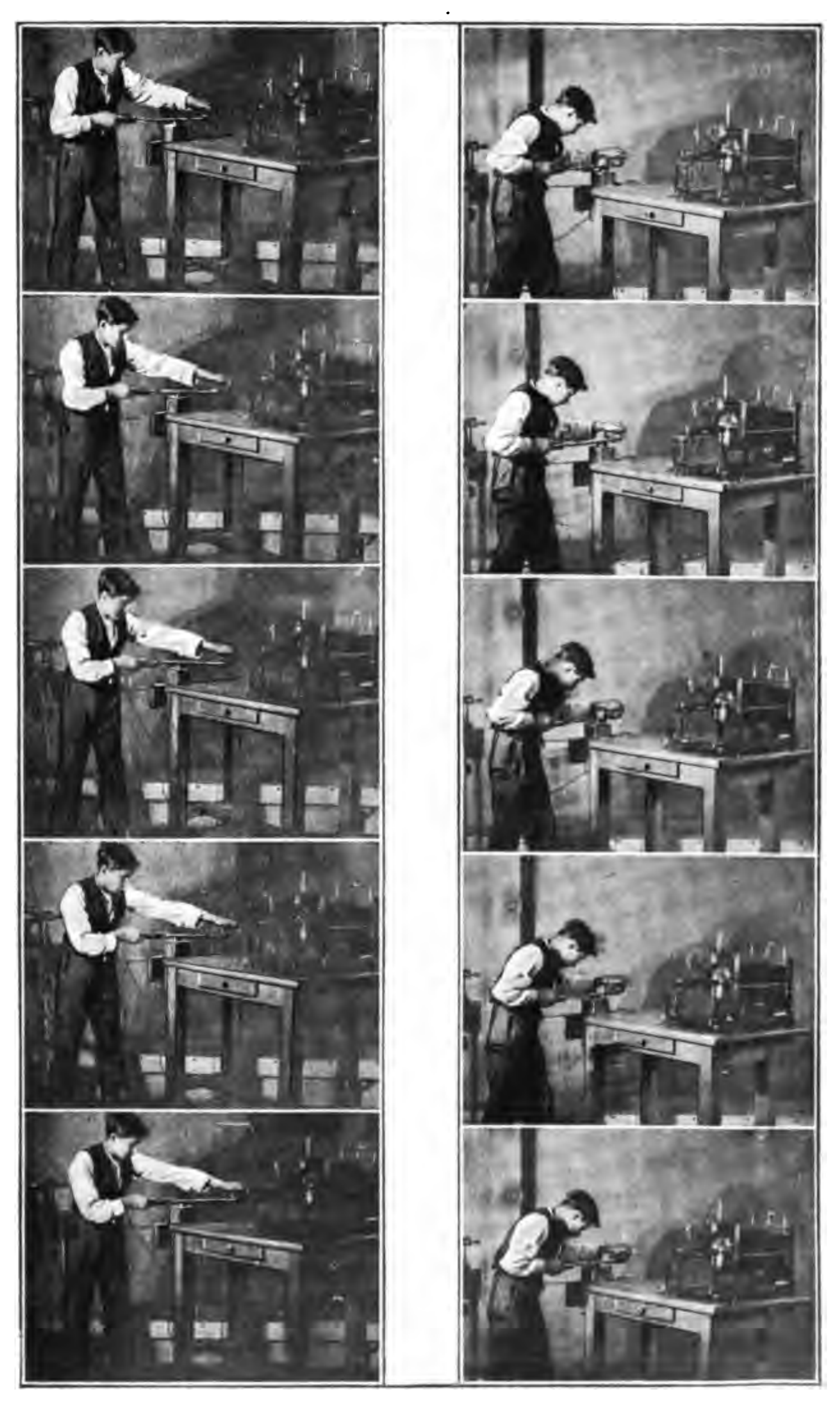


Fig. 66.
Apprenti limeur dans la bonne (à gauche) et la mauvaise attitude (à droite).
(Les numéros se succèdent de haut en bas.)

mieux que la parole ou l'écrit, l'office de corriger les défauts du débutant, de redresser ses erreurs, de solliciter son attention. Les tracés dynamographiques, aisés à recueillir en s'ingéniant un peu, devront être mis constamment sous les yeux des élèves, afin qu'ils jugent par eux-mêmes de l'*irrégularité* des uns si c'est un débutant, de la *régularité* et de l'uniformité des autres si c'est un habile ouvrier. Quelques expériences intéresseront infiniment les élèves, éveillant leur curiosité toujours vive, et leur apprenant toute la valeur des faits. A mesure qu'ils seront dressés à la vraie technique, ils éprouveront que leurs mouvements sont mieux éduqués, et adaptés au travail.

L'*éducation des mouvements* est nécessaire pour les rendre efficaces, et augmenter le rendement en diminuant la fatigue. Le nombre et la vitesse de ces mouvements, l'effort même qu'ils développent, changent suivant les individus et le genre de travail. Il conviendra de les déterminer sur des sujets *modèles*, très habiles dans leur art, et de commenter aux élèves les graphiques du *travail normal*. Les mouvements *désordonnés* et *inutiles*, qui donnent lieu fatalement à une fatigue précoce, seront reproduits au *cinématographe*, en les exagérant au besoin. Des *films*, où apparaît ainsi la maladresse des débutants, des impotents, et spécialement des *amputés* munis de bras artificiels, auront une valeur considérable pour l'apprentissage et le réapprentissage. On conservera dans les écoles, en vue de cet enseignement par l'exemple, quelques films caractéristiques relatifs aux principaux métiers (*fig.* 66).

Il s'agira, ensuite, de conditionner l'apprentissage afin de porter le rendement peu à peu à sa limite maximum, et d'organiser l'atelier pour réduire au minimum les pertes de temps et les causes de fatigue. Mais entendons-nous bien. L'*économie de temps* n'a pas seulement pour but d'accroître la production ; elle vise avant tout à donner des *habitudes d'ordre*, et à fortifier l'idée que nous serions *plus utiles*, aux autres comme à nous-mêmes, si nous épargnions tout acte

musculaire sans but, si nous veillions à bien dépenser notre énergie physiologique.

Il résulte évidemment, de ces conditions de travail méthodique, une efficacité plus grande et une production plus intense.

C'est alors que des règles sur le *repos* et la *fatigue*, les périodes de distraction et d'instruction, la durée continue des leçons pratiques, serviront à protéger la santé.

Quels que soient les métiers, le devoir s'impose à l'apprentissage moderne de leur donner une *organisation scientifique*, de sélectionner et former les apprentis d'après leurs aptitudes, et d'assurer l'exercice normal de l'activité humaine.

LXXXVI. — **Dispositions mécaniques.** — Au point de vue mécanique, il existe, avons-nous dit, un effort et une vitesse de travail conduisant au plus grand rendement. C'est encore la méthode graphique qui les fait connaître, enseignant par là quelles manœuvres doivent être interdites à l'apprenti si son âge ou ses forces les condamnent. L'adresse des mouvements en diminue certainement la fatigue ; mais cela ne suffit pas, et il y a, dans les opérations élémentaires du travail, de quoi occuper chacun utilement, sans excéder l'ensemble de ses capacités.

Il y a autre chose encore : le *choix des outils* peut être approprié non seulement à l'ouvrage, mais à l'âge de l'ouvrier, pour arriver à constituer finalement un *outillage optimum* dont le travailleur accompli sera doté à l'usine. Au terme de son apprentissage, le jeune homme devra s'être exercé à manier cet outillage en vue duquel sa pensée comme son corps ont été disciplinés ; il aura fortement gravé dans sa mémoire chaque détail de la pratique, organe de machine ou opération élémentaire. On ne lui fera pas étudier une partie du métier avant que la précédente ait été *parfaitement apprise et exécutée*. Se hâter, en matière d'instruction, c'est perdre son temps. Les bons ouvriers emploient pour leur

préparation plusieurs années, copient plusieurs maîtres, cherchent la faveur des circonstances et s'opiniâtrent à leur tâche. Le rôle de la science consiste à diminuer la durée que nécessite la pratique exclusive des ateliers.

Il n'est pas possible que l'apprenti connaisse *toutes* les opérations de l'atelier. Le travail moderne n'exige pas un tel effort de l'esprit, qui serait d'ailleurs quasiimpossible.

La loi *de la division du travail*, qui régit les organismes vivants, commande les organismes industriels, en sorte que chacun, dans la mesure de ses capacités, y remplit une fonction déterminée, et n'a pas besoin d'en savoir une autre. Je voudrais, cependant, que l'enseignement général donnât une *vue d'ensemble* de la profession, de l'agencement des organes de transmission qui se succèdent depuis la direction jusqu'à l'exécution, et que les ouvriers ne fussent pas lancés dans la vie d'action qu'est la leur sans gouverne et sans boussole. Il est clair qu'un patron, n'ayant qu'une spécialité, sera incapable de donner cette instruction complète. L'école professionnelle est donc la grande organisatrice de la prospérité économique, à condition qu'elle procède à la fois par la théorie et la pratique, celle-ci *après* celle-là.

Il semble utile de rappeler que les mathématiques et la géométrie, indispensables au mécanicien, présentent des lacunes que l'expérience seule est à même de combler. Par exemple, la théorie sur les frottements, sur le mouvement des corps, est toujours loin de cadrer avec les données de la pratique, cela en raison de la complexité des facteurs qu'il faut embrasser dans une science plus précise, et des propriétés physiques des corps. Très simplement, on expliquera aux élèves l'influence des *facteurs physiques, tels que trempe, composition chimique du métal, résistance, forme*, etc., en s'inspirant de l'expérimentation qui se poursuit dans nos écoles supérieures et instituts industriels. Les faits, beaucoup de faits, éclairés par un minimum de science.

L'heureuse disposition des usines, la division du travail feront que l'apprenti s'attachera à répéter le même détail

avec une habileté croissante, une plus grande économie de temps et de fatigue; il cherchera, s'il est ingénieux, à mieux s'adapter aux conditions de travail dont on lui a montré la haute importance. J'irai jusqu'à dire que l'opération coûtera de moins en moins à son effort d'attention, et deviendra presque *automatique*. L'ouvrier à qui l'exécution d'un ouvrage est ainsi rendue facile, grâce à l'habitude, pourra consacrer toute son intelligence au « fini », aux soins délicats qui ont fait, indiscutablement, la réputation de la fabrication française.

Qualité et *quantité*, il nous les faut toutes deux, malgré la rareté de notre main-d'œuvre et l'incohérence des techniques. L'organisation de l'apprentissage et des usines, sur des bases scientifiques, nous est donc imposée par le souci de notre avenir et l'éclat de notre renom.

LXXXVII. — **Durée de l'apprentissage.** — *Ateliers.* — La durée de l'apprentissage est, évidemment, une difficulté et une source de mécomptes. Autrefois, le *sens du bien-être* manquait au peuple; la misère permanente, l'ignorance, l'absence de liberté, l'avaient atrophié. Et le travail était mal payé. Aussi, la plupart des *marchands* faisaient eux-mêmes l'apprentissage de leurs enfants, qui leur succédaient dans le métier. Une *ordonnance de 1673* avait disposé qu'à 17 ans accomplis l'apprentissage était, dans ces conditions, réputé fait. Le travail du père s'aidait par conséquent de celui des enfants.

Mais quand il fallait entrer chez un patron, tout secours cessait pour les familles; elles ne devaient rien attendre des enfants, et supportaient leur gêne jusqu'à la fin de l'apprentissage, lequel durait de *3 à 8 ans*.

D'après les statuts, on accomplissait :

Trois ans chez les drapiers-chausseliers, les épiciers, droguistes, confiseurs, merciers, joailliers;

Quatre ans chez les apothicaires, pelletiers, cordiers, fourreurs;

Cinq ans chez les bonnetiers, aumussiers, gantiers;
Huit ans chez les orfèvres-joailliers.

Les méthodes modernes ont réduit le temps d'apprentissage à 3 ou 4 ans. Avec une organisation scientifique, cette durée suffira à former de très bons ouvriers.

Or, l'apprenti est hanté, aujourd'hui, par l'idée de *gagner de l'argent* tant pour soi que pour ses parents. Il ne conçoit plus la nécessité du sacrifice qu'impose l'étude d'un métier; il est trop jeune pour le comprendre et la famille trop pauvre pour le supporter. On le voit alors quitter un patron du jour au lendemain parce qu'il ne le paie pas assez, ou ne le juge pas en état de gagner. Cet apprentissage à cheval prépare des déclassés, dégrade la profession.

Tant que l'école ne pourra pas s'ouvrir à toute notre jeunesse, les patrons feraient de bons apprentis si l'on contrôlait davantage l'œuvre des petits ateliers, en précisant les devoirs réciproques et, au besoin, en usant d'encouragements, matériels et honorifiques. Mais qu'il s'agisse de l'école ou de l'atelier, l'État doit s'efforcer d'aider les parents, d'accord avec les communes, et d'agir sur eux moralement par les instituteurs. Il fera un large appel à l'expérience et au dévouement des industriels, que je voudrais voir dans tous les conseils d'écoles professionnelles. Et au terme des études, lorsque l'apprenti sera jugé digne d'être *ouvrier*, il conviendra de le soumettre à un stage d'un an, de le *rassujettir* dans un atelier. C'est à quoi servira grandement la collaboration des chefs d'industrie. Les *rassujettis* feront d'excellents ouvriers; à l'usine surtout, ils apprendront l'inéluctable *besoin de production* du monde économique, et les exigences de la société; ils sauront, comme dit Taylor, « qu'on ne vend pas de bonnes paroles ».

LXXXVIII. — **Science sociale et industrie.** — Cette leçon de la vie économique d'un pays, la science sociale, la connaissance psycho-physiologique de l'homme, manquent aux élèves de nos grandes écoles comme aux ouvriers

instruits des écoles professionnelles. Les uns et les autres doivent donc faire un stage à l'usine et se rassujettir. « En travaillant coude à coude avec un manœuvre couvert de graisse, déclare Taylor, avec un ouvrier ignorant les règles de la grammaire et étranger à toutes les formes de la politesse, il leur faudra bien reconnaître la pénétration intellectuelle de ces hommes ... Dans nos écoles, la majeure partie des études est consacrée aux propriétés des matériaux inanimés... En revanche, la matière vivante... est entièrement laissée de côté; on ne lui consacre pas même une heure d'étude. Les contrôleurs, les directeurs, les présidents de nos grandes sociétés ont une seule matière à travailler : les *ouvriers*. Les élèves de nos écoles auront toute leur existence consacrée à l'élaboration de cette matière première si précieuse, et ils finissent leurs études à 22 ans, sans en avoir entendu parler [1]. »

En France, après un sommeil d'un demi-siècle, on revient à la science de l'homme, et sous l'impulsion du ministère du Travail, de Léon Bourgeois principalement, rien de ce qui touche à l'ouvrier ne nous est plus étranger. Mais tandis que se poursuit cette analyse des travailleurs dans leurs besoins de travail et d'hygiène, et que progresse leur bien-être, il est devenu d'une extrême urgence que le ministère du Commerce y associe son effort, en organisant scientifiquement l'apprentissage, et en l'organisant à l'école. L'œuvre de l'usine sera complémentaire. Le Conservatoire des Arts et Métiers serait le centre tout indiqué pour coordonner et guider l'entreprise indispensable qui s'impose à notre pays. Il réunit l'autorité scientifique et la puissance industrielle, dont la marche isolée serait un désastre national.

Et, autour de lui, recevant son rayonnement, de nombreuses écoles devraient s'ajouter à celles qui existent. En Allemagne, dans la seule ville de Munich, qui compte 520.000 habitants, il y a 60 établissements dont 48 enseignent

(1) F.-W. Taylor, *Revue de métallurgie*, vol. II, p. 648; 1910.

le commerce et 12 les arts industriels. Cela seul dicte son devoir à l'État français.

Il y a vraiment beaucoup à faire, dont ces modestes pages ne sauraient donner l'idée. Si je ne craignais de décourager les bonnes volontés, je souscrirais à ce jugement de l'Américain Gilbreth :

« Le système d'apprentissage actuel est pitoyable et criminel, considéré au point de vue de l'apprenti ; il est ridicule au point de vue moderne, et il n'y a pas de mots pour en décrire la vanité au point de vue économique (1). »

(1) F. Gilbreth, *Motion Study*, p. 41 ; 1911.

CHAPITRE IX

LA MAIN-D'ŒUVRE

LXXXIX. — La main-d'œuvre s'entend du *travail* des ouvriers, mais c'est, à vrai dire, l'ensemble des ouvriers effectuant un même ouvrage. On semble confondre les personnes avec la chose, tellement il est démontré et il s'impose à l'esprit que l'on n'a pas de travail utile, ni de richesse, ni, par conséquent, de bien-être sans l'ouvrier.

La main-d'œuvre est donc l'instrument de la prospérité économique, et c'est pourquoi elle doit être nombreuse, instruite, éduquée, dirigée avec art et habileté.

En France, elle a toujours été rare; aujourd'hui qu'elle a payé à la Patrie une très lourde contribution, ses rangs se sont davantage clairsemés. Il a déjà fallu recourir aux travailleurs *italiens*, et plus récemment aux *Kabyles* et aux *annamites.* Désormais cet appel sera nécessairement plus fréquent, et j'imagine que notre industrie songe à bien utiliser tout le contingent français et indigène avant de s'adresser à nos voisins. Toujours est-il que ce recrutement pose un problème très important : celui des aptitudes et des conditions physiologiques de travail d'hommes qui appartiennent à des races variées et à des climats autres que celui de France. L'*acclimatement* n'a d'ailleurs été l'objet d'aucune étude précise; il est livré à l'empirisme, on peut dire, dans le monde entier.

XC. — **Main-d'œuvre italienne.** — Je ferai de brèves remarques à l'endroit des ouvriers italiens. Ce sont, incon-

testablement, des travailleurs très près des nôtres par l'esprit et la tendance à contracter des habitudes sœurs. Leur existence a évolué dans le même monde d'idées et de sentiments. Par la race, par la force héréditaire d'une culture semblable, ils possèdent des éléments d'affinité qui les cimentent, plus que tout autre peuple, à notre édifice social, sans laisser voir les joints.

Bien mieux, entre eux et nous, des guerres communes, des souvenirs de gloire ont scellé un pacte, pour ainsi dire, indéfini, de cordialité humaine. Et il n'y a jamais eu, il ne peut plus y avoir de ces « haines vigoureuses » qui nous opposent aux races d'évolution anormale.

Toutefois, l'Italien, même en Italie et dans les pays méridionaux où il émigre volontiers, manque de *puissance;* il travaille intelligemment, mais avec une certaine nonchalance; il n'a pas la continuité d'effort que réclament nos modernes industries; il procède par à-coups, et ménage ses ressources d'énergie bien plus que l'ouvrier français.

Généralement, quand il s'expatrie, il vit modestement; son labeur, qui n'est jamais fiévreux, se prolonge tard dans la soirée et débute de bon matin. Notre système d'organisation du travail, *qui voudrait un minimum de présence à l'atelier et un maximum de production*, lui serait donc d'une application malaisée. C'est, en tout cas, un point important à examiner, sur lequel mon attention s'est portée au cours d'une mission scientifique dont je fus chargé dans la Péninsule, en 1907.

Et c'est pourquoi je ne partage pas absolument la doctrine de l'éminent sociologue italien, le député Cabrini, écrivant (1) :

« L'Italie est fière de collaborer au développement de l'industrie française, en lui fournissant la main-d'œuvre complémentaire qui lui manque, et qui chez nous est en excès. Certes, la victoire de l'Entente éveillera ici une merveilleuse floraison industrielle. Mais, de longtemps encore, bon nombre d'ouvriers continueront à émigrer.

(1) Voir le *Journal* du 1er juin 1916.

« Nous verrons volontiers nos compatriotes se diriger vers un pays de langue latine et de tempérament fraternel, vers la France, notre alliée par l'esprit, le cœur et la raison politique. L'émigration en Europe est temporaire, bien plus que celle d'Amérique : pour ces émigrants la patrie est proche.

« Il faut cependant que la France et l'Italie, nations par excellence démocratiques, disciplinent le mouvement. Vous avez intérêt à ne pas accueillir *des travailleurs qui pourraient abaisser les salaires*. Nous ne voulons pas envoyer des nationaux qui puissent jouer ce rôle de « kroumirs ».

« L'État français a des devoirs à l'égard de son prolétariat qui, souffrant d'inouïs sacrifices, reste l'admiration du monde. La route ne saurait être barrée à ceux qui reviendront des tranchées. La France ne pourra jamais accepter l'importation d'une main-d'œuvre de mendiants.

« La vieille théorie qui proclamait que l'argent envoyé par les émigrants à la patrie est toujours le bienvenu, quelque humiliation qu'il cache, a vécu. Le gouvernement même la rejette.

« Il importe donc d'établir de part et d'autre des conditions claires. Ce faisant, nous consoliderons en durée et en force l'alliance scellée par les armes. Ainsi s'affirme la nécessité d'un *contrat de travail*, tel que le proposait Luzzati. Le traité d'émigration devenu contrat de travail peut se résumer en ces points :

« 1° L'ouvrier italien en France doit jouir des mêmes libertés que l'ouvrier français ;

« 2° Pour toute question syndicale, il ne pourra être expulsé qu'après jugement rendu par les autorités reconnues ;

« 3° Tout engagement, par vos industriels, doit se faire d'un commun accord entre le gouvernement et les organisations professionnelles du capital et du travail. »

XCI. — **Les salaires.** — Quelles que soient les modalités de cette participation étrangère au travail économique de notre pays, il n'en demeure pas moins vrai que la main-

d'œuvre s'est raréfiée sérieusement, et que le machinisme sera de plus en plus sollicité, dans l'industrie, le commerce et l'agriculture. Le moteur inanimé empiétera sans cesse sur le domaine du moteur animé ; la *culture mécanique* fera la loi aux paysans ; la machine-outil régnera, dans les usines, en souveraine. Et pour diriger, commander toutes ces forces aveugles et infatigables, l'ouvrier devra se spécialiser, accroître son instruction, affiner son intelligence. Si l'*apprentissage* ne vient pas à son aide pour l'adapter à cette tâche délicate, il emploiera beaucoup de temps à s'y faire, son rendement sera médiocre et son salaire tout petit. Car, à mesure des progrès du machinisme, on exigera de nos travailleurs, plus de capacités, et la *sélection* entraînera un déchet important. L'exemple de ce perfectionnement nécessaire de la main-d'œuvre est donné par les professions elles-mêmes : mécaniciens, ouvriers d'art, horlogers, électriciens, sont intelligents, adroits, habiles. On les élèverait encore d'un échelon dans la société si l'on organisait leur apprentissage comme il a été formulé précédemment.

Tous les travailleurs sont loin de cet état ; il en est qui peinent et gagnent peu. C'est inévitable ; on n'empêchera pas l'ignorance d'être une source de misères. Or, plus que jamais, les hommes comprennent leur droit à la vie, à une vie qui ne soit pas de continuelles privations. La question des *salaires*, avec sa variété, sa complexité très grandes, doit tenir compte de cette revendication et n'avoir pas seulement égard au rendement. Le salaire ne rétribue pas un organisme dont les besoins se règlent *uniquement* sur le travail, ce qui serait le cas d'une machine à vapeur, par exemple. Il doit assurer *largement* la vie de l'ouvrier, c'est-à-dire les frais de son alimentation, même quand il ne travaille pas, pendant le repos, les fêtes, le chômage forcé ; de l'entretien de sa santé, par l'hygiène du foyer, le logement, le vêtement ; de l'entretien de la race, par l'hygiène sociale.... Je dis que le salaire, à l'endroit de tout travailleur digne de ce nom, ne peut pas s'abaisser au-dessous d'une *certaine valeur* sans être

inhumain. Et je déclare que toutes les fois qu'un homme ne trouve pas les moyens de vivre, c'est la société seule qui est coupable.

Il y a dans la *division du travail* une solution scientifique pour occuper toute personne à la besogne qui lui convient. Et il y a tant de développements possibles pour l'activité humaine que chacun doit trouver son emploi à bref délai. Par quelle aberration en arrive-t-on aux *grèves*, quand il existe des solutions rationnelles des conflits du capital avec le travail ? Les grèves frappent la production et gênent également patrons et ouvriers. Elles disparaîtront devant une organisation qui ne néglige rien des besoins matériels et moraux des travailleurs, et quand les lois auront cessé d'être des sabres de carton.

XCII. — **Main-d'œuvre française.** — De la main-d'œuvre française, tout ou à peu près a été dit par nos économistes, et dit excellemment. Elle possède en propre l'esprit d'entreprise qui la porte à inventer, à perfectionner, à aimer le progrès; le goût du bon travail, de la précision, c'est sa qualité dominante, appréciée universellement ; elle répugne à la *routine* dès qu'elle en comprend les défauts. Cette intelligence est moins développée chez les travailleurs de la terre qui sont, ainsi, plus routiniers.

L'ouvrier français s'assimile facilement les notions nouvelles, d'autant plus vite qu'elles frappent davantage sa curiosité ou lui semblent agréables. Mais il a l'esprit primesautier. Faute d'une longue éducation, et par ignorance de la *méthode*, il se plaît à toucher à tout sans rien approfondir. Cet inconvénient est compensé par les qualités précédentes; il n'en est pas moins réel. C'est pour toutes ces raisons que nos écoles, à la ville et à la campagne, doivent servir à orienter et favoriser l'exercice des vertus nationales dès l'enfance ouvrière; à instruire la jeunesse de tous les éléments du métier, en lui montrant clairement les avantages du travail moderne sur l'ancien, de la science sur l'empirisme. De même que

l'ouvrier, le paysan mérite la collaboration, avec ses procédés habituels, d'une technique plus parfaite. Ellle associerait à son activité, utilement, celle de sa femme et de ses enfants. Sous une forme moderne, ce serait la vie rustique d'autrefois (*fig.* 67), mais productive, féconde.



Fig. 67. — Labourage au xviiie siècle.
1, charrue; 4, semeuse; 5, semeur.

La protection de la race nécessite d'autres mesures : ateliers et chantiers seront conditionnés pour que l'*hygiène* n'y perde aucun de ses droits. Des affiches enseigneront aux hommes les précautions à prendre contre les causes possibles de contagion et d'intoxication, l'immense profit d'une alimentation rationnelle, conforme aux principes que nous avons exposés.

Il est clair que c'est là plutôt la mission des *inspecteurs du travail*, mission qui exige de la compétence et du tact, et qui pourrait être simplifiée par l'organisation de conférences du soir sur l'*hygiène du travail*, où seul sera donné un *ensei-*

gnement expérimental. Le verbiage doctoral est le pire de tous : il éloigne de la vérité.

Il manque, enfin, à nos ouvriers l'*ardeur colonisatrice ;* c'est, probablement, un effet de notre prospérité et de notre « sociabilité ». Chez nous, des habitudes sociales, la camaraderie, l'inertie mentale nous retiennent fortement; mais l'homme toujours *renfermé* échappe à cette attraction ; chez lui ou ailleurs il demeure le même. Il est bon que la vraie main-d'œuvre française se rende un peu aux colonies et y contribue à assurer notre conquête économique, par elle-même d'abord, par son exemple vivant, et aussi en formant la main-d'œuvre coloniale, nombreuse et médiocre.

Le travail dans les colonies suppose l'expérience du monde indigène et la connaissance du milieu. Il sera question plus loin de la *main-d'œuvre indigène* et de sa résistance physiogique. Mais tout ce qui a trait au *milieu*, c'est-à-dire à la *température*, aux *actions solaires*, à l'*humidité* si grande des régions africaines où flotte notre drapeau, tout ce qui concerne l'*alimentation* et le genre de vie du colonial, mérite un exposé complet. Je ne puis que renvoyer à mon livre : *Le Moteur humain* (livre IV) et aux pages très courtes qui précèdent. Au point de vue pratique, il faut insister sur la nécessité de *modérer* l'activité et la consommation d'énergie qui lui correspond, de travailler à des allures plus faibles que dans nos contrées, de commencer tôt et de finir tard le travail pour bénéficier des heures où la chaleur n'a pas son maximum d'intensité, et somme toute de rattraper sur la *durée* ce que l'on est obligé de perdre sur la *puissance*. Il faut *réduire dans les repas la quantité de viande, et s'interdire les boissons alcooliques*, sous peine d'être la proie de toutes les infections possibles, et de ruiner à jamais la résistance organique. J'attribue à l'excès de travail et aux eaux-de-vie absorbées inconsidérément, la forte mortalité des ouvriers que l'on avait employés à Madagascar pour construire le chemin de fer de Majunga.

D'ailleurs, nos travailleurs ont pour devoir de *guider* la

main-d'œuvre indigène, naturellement désignée pour les travaux de fatigue, qui n'entameront pas sa résistance au même degré que celle des nôtres ; et d'*apprendre* eux-mêmes à se servir des moteurs industriels que leur confient les colons. Il n'y aura bientôt plus d'usine ou d'exploitation agricole sans un bon outillage mécanique. Formons donc le cerveau de nos ouvriers; ils ne négligeront pas leurs muscles.

Le Français qui se rend aux colonies doit abandonner une partie de ses coutumes métropolitaines et les remplacer par quelques-unes de celles des indigènes, spécialement quant à l'alimentation, au vêtement et au logement, dont nous parlerons tout à l'heure. Faute de quoi, les variations brusques de la température auront vite raison de sa santé, après avoir diminué sa capacité de travail. Le *temps d'acclimatement est de trois à quatre ans* si l'on suit une vie régulière, exempte de surmenage et d'intempérance. Pour les Européens qui se rendent à Sumatra, où la température est en moyenne de 27° toute l'année, Glogner admet une période d'acclimatement de 4 ans. Encore faut-il ajouter que l'état antérieur de la personne, son âge, sa condition, modifient cette durée. Il convient surtout de ménager l'*accoutumance des cellules* dans leur labeur à produire de l'énergie. Les phénomènes physiologiques ne se prêtent pas aux passages brusques; il leur faut une lente transition, un entraînement graduel. Je rappellerai, à ce sujet, que le principal facteur de dépréciation des soldats envoyés aux colonies, c'est le défaut d'entraînement de la vitalité cellulaire. Déjà, le physicien Coulomb avait constaté le faible rendement qu'ils fournissent dans ce cas : « J'ai fait, dit-il, exécuter par les troupes de grands travaux à la Martinique ; le thermomètre y est rarement au-dessous de 20° (exactement 25°). J'ai fait exécuter en France les mêmes travaux par les troupes, et je puis assurer que sous ce 14e degré de latitude, où les hommes sont presque toujours inondés de leur transpiration, ils ne sont pas capables de la *moitié* de la quantité de travail journalier qu'ils peuvent fournir dans nos climats. » Je persiste donc

à défendre l'idée que nos travailleurs doivent se contenter de surveiller et d'organiser la main-d'œuvre indigène. Celle-ci est adaptée *au milieu;* et les Français ne pourront jamais la suppléer sans péril, à un moment où notre pays réclame toute leur activité pour se relever économiquement.

XCIII. — **Main-d'œuvre indigène.** — En vue de ce relèvement, il a été question de renforcer l'armée de nos travailleurs d'un prélèvement effectué sur les *indigènes d'Afrique*, et plus particulièrement de *Kabyles*. Ce sont des sujets français. A ce titre d'abord, pour les services qu'ils peuvent rendre ensuite, ils méritent une attention spéciale. On les a trop souvent vus *du dehors*, sous le voile de la littérature [1], dans les récits émerveillés des amateurs de pittoresque, et hier dans les splendeurs de l'héroïsme. Il faut encore les voir *du dedans*, sous tous les aspects de leur vie matérielle et morale, et le rayonnement de leurs traditions. Les connaître ainsi, c'est, à mon sens, leur faire beaucoup de bien, car ils gagnent à être compris.

L'étude scientifique des *Arabes* m'a occupé de 1907 à 1909, au cours d'une mission officielle dans le nord de l'Afrique. J'enquêtai sur les conditions de leur travail, sur leur force et leur capacité productive. Mes nombreuses expériences tendaient à faire ressortir l'influence de l'*alimentation*, de la *température*, de la *radiation solaire*. Autant que le problème physiologique, je cherchai à préciser le problème social et militaire, car il était alors fortement question de l'intéressant projet de M. Messimy sur la *conscription indigène*. Je résumerai ici mes observations, éparses dans des Rapports ministériels que la poussière des Archives n'a point souillés, ou encore dans des ouvrages techniques [2].

XCIV. — 1° **Considérations techniques et sociales.** —

[1] On en peut lire un excellent exemple dans l'article de Charles Géniaux, *Scènes de la vie kabyle* (*Revue des Deux Mondes* du 15 avril 1916, p. 920).

[2] Jules Amar, *Le Rendement de la machine humaine ;* Paris, 1910 (épuisé) ; — *Le Moteur humain*, livre VI ; Paris, 1914.

Les Kabyles. — Les populations arabes doivent à la religion musulmane qui leur est commune la puissance des traditions qui les gouvernent; elle constitue le lien robuste de *races* très différentes, celles du moins qui occupent les rivages méditerranéens. L'âme arabe est tout enveloppée et pénétrée de l'atmosphère religieuse. Elle se dérobe dans un passé à la vérité très beau et riche de gloire.

Je parlerai exclusivement de la *population kabyle.* Elle intéresse davantage le monde du travail. On la rencontre à l'est du département d'Alger, dans celui de Constantine et en divers points de l'Afrique occidentale, surtout au Maroc.

Au point de vue ethnique, il est fait mention, dans les Annales égyptiennes, d'un peuple lybien, vivant à l'ouest de l'Égypte, autochtone et à type blond. Un papyrus, datant de 3.000 ans avant Jésus-Christ, l'appelle *Tamahou.* Je ne sais ce que vaut ce témoignage; mais, lors de la rivalité de Rome et de Carthage, il existait bien un royaume de *Numidie*, habité par des *Berbères*, là où vivent aujourd'hui les Kabyles. Ces Berbères seraient-ils les descendants de quelques immigrés phéniciens, contemporains de la fondation de Carthage ? Seraient-ils ainsi de souche sémitique ? — Leur type les distingue des Arabes, tard venus dans le nord de l'Afrique. Et ils n'ont point actuellement de parents reconnaissables. Ce sont les images d'un original disparu.

Lorsque Rome eut défait Carthage, elle nomma son propre allié, Massinissa, roi de toute la Numidie, avec *Cirta* ou Constantine pour capitale. Cependant, l'instinct de la liberté reprit le dessus, le joug romain parut trop lourd au prince Jugurtha, fils de Massinissa. Les fougueux cavaliers numides — *Numidæ infræni cingunt* — se révoltèrent. Et Marius dut combattre pour écraser l'armée de Jugurtha. En l'an 106 avant Jésus-Christ, il le défit et traîna au cachot. L'âme berbère, elle, ne fut pas domptée, la pureté de la race ne fut pas atteinte, car nul ne prétend retrouver dans les Kabyles de notre Djurdjura les traits connus des Romains, pas plus au physique qu'au moral.

Nouveaux assauts et nouvelles révoltes en Numidie quand passe le torrent de l'invasion arabe, vers 646 de notre ère. Une Jeanne d'Arc berbère se dresse contre l'envahisseur, la *Kahina* organise la résistance et conquiert, sinon l'indépendance du pays natal, assurément l'admiration de l'histoire et les lauriers de la légende.

Puis vinrent au XVI[e] siècle les Turcs, dont la domination s'évanouit au jour de notre approche... N'insistons pas sur des événements qui ne pourraient rien préciser du passé mystérieux de la Kabylie, et plus généralement de la Berbérie. Ce qui survit de ce passé, c'est le type humain avec ses caractères propres, c'est le Kabyle avec ses qualités intrinsèques que nous voudrions apprécier. Et comme il se retrouve en Tunisie, en Tripolitaine, au Maroc, il est bon de le connaître parfaitement, et de mettre à nu ses sentiments et ses pensées. L'ethnographie devient, à cet égard, un moyen supérieur de civilisation.

Comment s'étonner dès lors que le Gouvernement romain ait institué, pour faciliter la colonisation de la Lybie, une Commission de spécialistes chargée d'analyser tous les éléments psychologiques, physiologiques, ethnographiques dont cette pénétration aura besoin (1) ? Je ne sais quelle organisation garantit notre succès au Maroc ; mais nous aurions tout pour réussir. D'accord avec nos voisins de la Péninsule, et joignant nos efforts, nous exercerions en Afrique une action de progrès sans exemple dans l'histoire du monde.

XCV. — **La vie kabyle.** — Revenons aux Kabyles. Ce sont, presque tous des gens laborieux ; ils sont constamment à leurs affaires, soit dans le commerce, soit dans l'agriculture. Ils travaillent avec ardeur et intelligence, et sont redoutables dans la concurrence qu'ils font aux autres races africaines. Je les rapprocherais volontiers des *Mozabites*, peuplade saharienne et d'un esprit également éveillé, très commerçante à coup sûr, et dont l'origine ethnique n'est

(1) S. Ottolenghi, *Nuova Antologia* du 1[er] mai 1914.

pas moins énigmatique. Ces Mozabites sont disséminés en Algérie et en Tunisie ; partout ils s'assimilent aux habitants et s'imposent à eux par une rare diligence.

Les Kabyles vivent généralement groupés ; ils ont conservé des mœurs pour ainsi dire *bibliques*, en ce sens que leur constitution rappelle l'époque où Moïse répartissait en tribus un peuple informe, et donnait à ces tribus une constitution patriarcale. On n'a pas oublié ces groupements par dix, cent et mille habitants, ayant des conseils et des juges, de sorte que les autorités supérieures synthétisaient les autorités inférieures, et que le moindre hameau se reflétait dans la commune, et celle-ci dans la ville. Je retrouvai ces fédérations, ces assemblées étagées, ces Conseils d'Anciens, cette puissance familiale d'une antiquité reculée, dans l'organisation des Berbères. Et cela aussi pourrait me confirmer dans l'hypothèse — je ne dis point la certitude — que les Kabyles sont d'origine phénicienne.

Jusqu'à la *dîme* sur les grains et le *centième* sur les troupeaux ; jusqu'à l'affirmation des rapports de maître à esclave entre l'homme et la femme, mais d'un doux et courtois esclavage ; jusqu'à l'hospitalité vis-à-vis du pauvre et de l'étranger, et le respect de la parole jurée, et le vif sentiment de l'honneur, — tout ici reproduit ce que l'histoire sacrée nous raconte avec détails.

Voilà qui expliquerait même l'existence sédentaire, l'amour du pays natal et du foyer chez les Kabyles, à condition qu'ils trouvent auprès de leurs demeures les moyens de travailler pour vivre. Sinon, ils quittent leurs chaumières, ils descendent de leurs plateaux, ils désertent une terre ingrate et des champs désolés ; et ils s'en vont vers les cités où leur travail sera estimé à haut prix ; ils s'y emploient, ouvriers à la tâche ou à la journée, mais ouvriers économes, dévoués, loyaux.

Dépensant peu, ils se créent bientôt une relative indépendance, deviennent de petits commerçants et réussissent dans la plupart des métiers.

Ce ne sont pas des cultivateurs que rien n'attache hormis le sillon. Au contraire, ils aiment les arts et y montrent une certaine adresse. A ces gens industrieux, les machines à tisser et à broder ne conviennent pas moins que la charrue. L'enseignement professionnel ferait d'eux des artisans modèles, comme il ne s'en observe pas parmi leurs coreligionnaires arabes. Car ils se distinguent de ceux-ci par l'horreur de la paresse et de la misère qu'elle engendre, et ce ne sont pas des fatalistes absolus ou des superstitieux ; ils ont, surtout, un sentiment plus fier de leur dignité et de leur liberté.

On éprouve qu'ils sont les vrais indigènes, les autochtones perdus dans la forêt humaine qui a poussé autour d'eux. Leur patriotisme, il ne faudrait pas le confondre avec le fanatisme religieux. On m'a souvent affirmé, et j'ai pu me convaincre que la foi ne soulève pas les montagnes kabyles.

En résumé, hommes de travail, unis et mus par l'intérêt et l'honneur, — ce qui n'est pas contradictoire, — dominés par la ferveur familiale, prêts au sacrifice et à l'entreprise proche ou lointaine, possédant pour tout dire les capacités des bons travailleurs, tels me semblent les Berbères en général. Et quand ils ont épargné quelque argent, ils s'en retournent à leur pays, renouent les traditions interrompues et poursuivent, à côté d'un foyer renaissant et sous des cieux amis, le labeur diligent du boutiquier ou de l'agriculteur.

Le Kabyle a donc conservé les mœurs des ancêtres, qui, aux temps fameux de la République romaine, firent la prospérité économique des territoires numides et carthaginois. C'est de quoi, pour leur propre compte, les Italiens espèrent tirer parti en s'installant dans la région lybienne. En matière de colonisation, le passé gouverne et enseigne l'avenir.

XCVI. — 1° **Considérations anthropologiques.** — Le Kabyle possède une taille légèrement supérieure à la moyenne. Sur 800 Berbères adultes, les mensurations m'ont donné une taille de 1m,68, celle du Français atteignant à

peine 1m,65 ; le buste est particulièrement développé, et le *coefficient thoracique*, dont on a vu plus haut l'importance, s'élève à 0,54, comme chez tous les sujets robustes et bien proportionnés.

L'architecture du corps est assez grossière, muscles gros s'insérant par de fortes attaches sur un squelette massif ; poitrine large, membres grands et vigoureux ; tête irrégulière, à cheveux blonds ou châtains, et parfois d'une vilaine couleur maïs. Le visage n'a point la finesse de celui de l'Arabe ; mais il est expressif, énergique ; les yeux sont vifs, le regard pénétrant.

Tout cet ensemble est quelque peu sévère, et inspire, non de la sympathie, mais de l'intérêt ; il reflète la volonté et la décision. Un autre trait physique spécial du Kabyle, c'est la coloration de sa peau, toujours moins foncée que celle des autres Berbères. L'hérédité, qui accroît l'action immédiate de la radiation solaire et renforce la *pigmentation*, est ici très faible ; nous avons affaire, visiblement, à une peuplade méditerranéenne, implantée en Afrique à une époque assez rapprochée. A cet égard, Kabyles et Arabes ont une parenté étroite qui en fait un groupement distinct de celui des nègres.

Chez les nègres, l'influence héréditaire est puissante et a marqué de son cachet le type anthropologique du *noir ;* la transformation est profonde dans le sens d'un amoindrissement de l'énergie nerveuse et des capacités intellectuelles, tandis qu'une sorte d'induction photochimique se révèle dans tous les éléments épidermiques : peau, cheveux, barbe.

Mais, parmi les Arabes, la pigmentation est légère. J'ai même cité le cas des *bonnetiers* qui, de père en fils, travaillent dans des quartiers couverts appelés *souks ;* ils ne voient presque jamais le soleil, et n'en subissent pas le hâle. Aussi, leur teint est-il plutôt *blanc*, et parfois sont-ils un peu étiolés (1).

(1) Jules Amar, *Journal de Physiologie*, p. 235, 1908.

Je pourrais signaler bien d'autres caractères pour différencier les races que j'ai observées ; leur aspect est par lui-même assez instructif (*fig.* 68). Il faut ajouter que les Kabyles parlent français et arabe, encore qu'ils s'expriment



Arabes du sud. Nègre. Kabyle.

Fig. 68. — Types d'arabes africains.

de préférence en berbère. Il m'est impossible d'indiquer ce que cette langue révèle sur leur histoire au temps où celle-ci ne se confondait avec nulle autre. L'accent, qui est brusque, n'a nullement l'harmonie du parler arabe. De quelles voix éteintes est-il parmi nous l'écho lointain ? Aux épigraphistes de nous l'apprendre.

XCVII. — **Considérations physiologiques. — L'énergie des Arabes.** — Le problème physiologique concernant l'*énergie arabe* a nécessité de minutieuses expériences, que j'ai pu étendre à près de 250 personnes recrutées dans tout le nord de l'Afrique, de façon à comparer régions et races différentes.

La *force* indigène varie d'une ville à une autre suivant les conditions économiques. Dans certains villages d'Algérie, l'homme est physiquement déprimé, il est émacié faute de nourriture.

Mais alors même que son alimentation est régulière, le travailleur de la cité est presque toujours plus fort que celui de la campagne, l'ouvrier plus que le paysan. Au *dynamomètre*, ce sont les débardeurs qui ont fourni le maximum de force, puis les coltineurs et les cultivateurs, en dernier lieu les boutiquiers à vie sédentaire. Les premiers sont capables d'un effort à peu près double, et plus soutenu. Cet avantage subsiste quand on les compare à nos paysans de France, et disparaît vis-à-vis de la force de nos ouvriers parisiens que j'ai étudiés longuement.

La considération du *travail* est plus intéressante que celle de la force. Je fis donc *transporter des fardeaux*, variant de 30 à 60 kilogrammes, à des allures réglées, en marchant à plat ou en s'élevant sur escalier. Je fis aussi un emploi méthodique de mon *cycle à frein* pour mesurer le travail des jambes et analyser la double influence de l'effort et de la vitesse.

Il faut immédiatement déclarer que Marocains et Kabyles l'emportent sur tous les Arabes par la *quantité de travail journalier*, et la *rapidité* de leur allure. Plus nerveux, ils recherchent instinctivement l'exercice de vitesse, et l'on a du mal à modérer leurs mouvements. Au contraire, les indigènes de Tunisie, adoptant des allures lentes, travaillent avec nonchalance, et il n'est guère facile d'accélérer leurs mouvements. Ce sont là des caractéristiques frappantes.

Dans l'industrie, dans l'armée, la vitesse est un facteur

précieux, et suppose une faible « équation personnelle », une disposition névro-musculaire à réagir sans retard. Les Ber-



FIG. 69. — Un kabyle en expérience sur le cycle ergométrique, à Biskra (1908).

bères m'ont paru avoir la vivacité de réaction de nos ouvriers de France, les autres arabes la lenteur de nos paysans, sans posséder leur ténacité.

En mesurant, au bout de plusieurs heures de travail, la

fatigue et la dépense d'énergie, au moyen des appareils déjà décrits, j'ai pu déterminer les facteurs du *meilleur rendement journalier* (*fig.* 69).

Dans le transport des fardeaux, l'homme marchant à plat, on a trouvé les mêmes résultats que sur les sujets de la métropole, résultats exposés ci-dessus (chap. VI). Pour s'élever sur une hauteur, l'Arabe est moins puissant que l'Européen et le Berbère, on doit l'employer à des exercices *continus* nécessitant un effort modéré, soit de 20 à 30 kilogrammes, ou enfin aux travaux agricoles. Le Kabyle seul convient aux travaux industriels, aux exercices rapides coupés de courts et fréquents repos. En considérant la production de la journée de travail, dans ses aspects variés, on peut estimer que *5 Kabyles valent 6 bons Arabes*. Les *Marocains* et les *nègres* sont dans le même cas. « Ils nous ont semblé d'une endurance très grande, et leur rendement est, en effet, le plus élevé. Cette endurance se remarquait surtout dans la manière de reprendre le même travail, plusieurs jours de suite, sans paraître en souffrir. Nos colons de l'Oranais le savent bien : toute ou presque toute la main-d'œuvre qu'ils emploient se compose de Marocains [1]. » Mais si l'on tient compte de l'intelligence et de l'adresse des éléments kabyles, c'est à ces derniers que nos industries devront demander l'appoint de leurs cadres en personnel. Le Marocain, et à plus forte raison le nègre, ne peuvent servir que de manœuvres.

XCVIII. — **L'alimentation des Arabes.** — La main-d'œuvre indigène n'est maniable et parfaite que si l'on respecte ses traditions. Il va de soi que *pratiques religieuses et vie en commun* lui doivent être assurées, car rien ne pourra les remplacer; d'ailleurs ce serait un *mal* de le faire. L'Arabe a tout à perdre au contact des nôtres, dans les discussions politiques des cabarets. Nous savons si peu le noble usage de la liberté, qu'il convient de nous en interdire l'enseigne-

[1] Jules AMAR, *Le Rendement de la machine humaine*, p. 88.

ment. Mais ce sont les *conditions physiologiques* que je vise spécialement. Et d'abord l'*alimentation des Arabes.*

Il n'y a point, dans toute l'Afrique, une chaumière où le plat national, le *couscous*, ne soit de rigueur. C'est de la semoule grossière, roulée en petits grumeaux par l'action combinée d'un peu d'eau et de beurre légèrement *ranci.* On la met dans une casserole à fond perforé couvrant le pot-au-feu ; on plâtre même la ligne de jonction des deux ustensiles pour assurer une fermeture hermétique. Les vapeurs du pot-au-feu traversent alors la farine et la font foisonner ; elle cuit et se parfume de tout l'arome du potage. On la sert dans un grand plat de bois, où elle est arrosée du consommé et ornée des viandes et légumes que celui-ci contenait en abondance.

Les indigènes sont friands de couscous, et nos colons eux-mêmes y ont pris goût. En fait, il est nourrissant, léger et stimule l'appétit (voir sa composition dans la table, p.85), et la présence d'*acide butyrique*, due au rancissement, en accroît la valeur nutritive. Cette observation, déjà faite par Young, Boussingault, s'est vérifiée dans mes expériences, attendu que le couscous m'a donné un rendement énergétique *supérieur de 15 0/0* à celui du pain ; il est donc mieux utilisé par l'organisme, probablement parce que, *psychiquement* (Pawlof), et directement, il favorise les sécrétions digestives. En raison de cet avantage appréciable, on ne doit pas changer les habitudes alimentaires des Arabes, sauf à améliorer la qualité des repas. Il en sera dans la vie industrielle ou agricole comme ce fut naguère, sur mes instances, dans la vie en campagne, où nos indigènes supportèrent le froid et les plus grandes fatigues [1]. Le problème de la *boisson* est plus important. Ils ne devraient boire que de l'*eau*, purifiée par ébullition ou chimiquement, car c'est leur boisson habituelle, et, d'autre part, leur religion leur défend les liqueurs fermentées. Mais les ivrognes, en dépit de cette défense,

[1] Jules Amar, *Comptes rendus Acad. des Sciences*, 14 décembre 1914.

sont nombreux parmi eux, même des ivrognes de marque... si j'ose dire.

Or, c'est encore une tradition arabe que de faire usage de *café* et de *thé*, qui agissent comme *nervins* grâce à la *caféine* qu'ils contiennent tous deux. Le café se prend, chez eux, en décoction : la farine se dépose au fond de la tasse sous un liquide trouble et mousseux, d'une agréable saveur.

Le thé constitue le breuvage de prédilection des Marocains; ils en absorbent plusieurs tasses bien sucrées chaque jour, et toutes parfumées à la menthe fraîche. C'est par une invitation au café ou encore au thé que se traduit l'hospitalité des indigènes. Tant que l'Arabe ne consomme pas plus de 30 grammes de café torréfié, ou de 5 grammes de thé sec par jour, son travail n'en sera que plus actif, son effort plus continu, et somme toute les aliments seront utilisés avec une *épargne moyenne de 5 0/0.*

Il y a donc des *aliments et des boissons d'épargne* que les hommes recherchent instinctivement, et dont il faut savoir tirer parti en évitant les doses toxiques.

Au point de vue de la *soif*, qui est particulièrement tyrannique dans les climats chauds, qui augmente en été, ou encore par les fatigues du métier, de la guerre, j'ai réussi à composer une *boisson rafraîchissante* que mes sujets acceptaient avec plaisir. C'est une limonade à base de *citron*, dont on peut s'expliquer aisément les propriétés hygiéniques, nutritives et tonifiantes. En voici la composition :

Sucre	25 gr.
Eau	1 l.
Jus de citron	0 l. 025
Vin de 10°	0 l. 070

Cette *limonade vineuse* dispense des boissons alcooliques, et son abus n'offre aucun inconvénient.

IC. — **Climat et acclimatement.** — Les *effets du climat* dans l'Afrique du Nord ont créé un mode de vie et une résistance physiologique particuliers aux indigènes, et par les-

quels on s'explique la nature de leur alimentation. Les populations arabes sont accoutumées à vivre dans une région tempérée, en plus d'un endroit chaude. L'*été*, la température affaiblit considérablement leur capacité de travail, car chaleur et humidité sont défavorables à la contraction des muscles et au bon fonctionnement des centres nerveux. Et cependant, elles s'y comportent mieux que nous; elles se défendent par l'entraînement des fonctions organiques, et par la protection que leur assurent des maisons et des quartiers tous *abrités du soleil*. Pour éviter les accidents dus à une transpiration excessive, et la forte absorption de la radiation, les Arabes s'habillent de *laine*, été comme hiver, et de *laine blanche* parce que très peu absorbante et perméable à l'air, ce qui évapore lentement la sueur. Leur *épiderme coloré* ne subit pas d'inflammation et rayonne la chaleur en plus grande quantité que l'épiderme du blanc. Tous ces facteurs de défense disparaissent quand les Arabes sont transportés dans un *climat froid*, comme l'est celui du nord de la France. Fatalement, la résistance organique est alors déprimée. Il faudra du temps pour la remettre au niveau normal, car l'*acclimatement* est un phénomène d'allure toujours lente; il agit graduellement, on l'a vu plus haut. Il résulte d'une série de transformations élémentaires où la cellule vivante a le rôle essentiel; et il dépend d'un grand nombre de circonstances... Ce qui protège la santé contre les basses températures, ce sont les mécanismes nerveux qui harmonisent l'intensité des combustions vitales avec nos besoins, et, par les vaso-moteurs, activent de plus en plus la circulation du sang. Ces mécanismes marchent régulièrement quand on s'est acclimaté, habitué au froid, et leur automatisme ne connaît point de défaillances. Mais quand la chaleur extérieure les a pendant longtemps condamnés à l'inaction et rendus presque inutiles, ils acquièrent une inertie considérable, ils ont alors besoin d'une véritable rééducation fonctionnelle. Chez des sujets qui passent d'un climat chaud à un climat froid, les mécanismes nerveux régulateurs se trouvent

sollicités *brusquement*, et ils ne peuvent réagir dans la mesure nécessaire, d'autant plus que les réactions chimiques de l'organisme sont devenues paresseuses. Un cercle vicieux s'installe par conséquent dans les opérations de la vie. Les cellules ne sont plus capables d'élever leur production calorifique et de défendre la santé contre les rigueurs du froid.

On se souvient de la cruelle expérience dont furent victimes les contingents *créoles* de la Martinique et de la Guadeloupe. Amenés en France par une décision hâtive, beaucoup de ces conscrits périrent en peu de temps. Ce sont les *brusques variations de température* qu'il faut seules incriminer. Entre le climat des Antilles françaises et le nôtre, il existe un écart de température de 12 à 15°, et les conditions hygrométriques sont extrêmement différentes. L'évolution physiologique fut donc brutalement contrariée.

J'avais conseillé, cependant [1], pour les créoles comme pour les Arabes, de faire l'appel des classes *au mois d'avril*, et de caserner les hommes en Provence; ou encore de les diriger sur divers points de la Tunisie, quitte à les utiliser à notre frontière de l'Est aux manœuvres de septembre.

C'est ce dernier parti qui, trop tard malheureusement, fut enfin choisi, en dépit de l'opposition d'un grand quotidien qui opinait pour le rapatriement, sans plus, des créoles. L'abstention est une vertu d'ignorance.

Les mêmes précautions doivent être prises à l'égard des travailleurs arabes, dont près de *20.000* étaient occupés avant la guerre par nos industries ; il faut les embaucher d'abord dans le Midi, et ne les prendre qu'au bout de 2 ou 3 ans dans nos provinces du Nord. Toutefois, les éléments kabyles et montagnards de l'Atlas sont plus résistants et se font plus vite au froid. Ils connaissent les hivers les plus durs; leurs muscles et leurs nerfs ont été fouettés par la radiation des neiges. Bien alimentés, entourés des soins hygiéniques dont ils n'ont pas la moindre idée, et que nos

(1) Voir, par exemple, *La Petite République*, du 12 juillet 1913.

industriels sauront leur assurer, ils endureront les plus grandes fatigues et les frimas rigoureux sans que leur puissance en soit atteinte.

Et ce qui convient à l'organisation industrielle convient aussi bien à l'organisation militaire. Mais l'une et l'autre seraient impossibles, acclimatement et entraînement tourneraient court, si l'on ne prenait des mesures énergiques *contre l'alcoolisme*.

C. — **Le prix de la main-d'œuvre arabe.** — Tel est le devoir qui incombe au Gouvernement et aux chefs d'usines, à l'heure où la vie économique du pays va déborder son lit en balayant les ruines et les horreurs des hommes. Il s'agit de préparer les réserves de l'armée du travail. Or, en Algérie, 250.000 indigènes, soit le 1/20 de la population, servent nos colons. Ils peinent près de 12 heures par jour, se nourrissent irrégulièrement, et sont exploités par ceux de leurs coreligionnaires qui les recrutent et se paient, abusivement, frauduleusement, leurs bons offices [1].

Les salaires sont très modestes, mais aussi le travail est médiocre. Ces hommes ne savent, à vrai dire, aucun métier qui reflète une méthode ou un art étudié.

Le défaut de notre colonisation fut précisément d'avoir méconnu la vertu de l'apprentissage et de l'enseignement technique, au point d'y substituer je ne sais quelle vague littérature dont les Arabes se repaissent, tandis qu'ils manquent de pain. Ils aiment le clinquant, et on leur a laissé croire que les diplômes et les carrières libérales acheminent au *fonctionnarisme*, sans effort. De là leur est venue l'ardente ambition des droits civiques... Il eût fallu, bien au contraire, multiplier les écoles professionnelles et y enseigner, avec les éléments indispensables de notre langue, tous les métiers utiles, industriels et agricoles.

Non pas seulement afin de rendre prospères nos colonies,

(1) Jules AMAR, Rapport du 3 avril 1909 à M. René Viviani, ministre du Travail et de la Prévoyance sociale.

stimuler l'activité de ceux qui y vivent, et souvent les arracher à la faim, maîtresse de crimes; mais encore pour former des ouvriers qui viendraient, un jour, utilement, en France.

L'amour du travail n'a pas d'autre origine que le bien-être qu'il procure. L'Arabe sera ouvrier ou soldat avec ardeur, avec dévouement, à la seule condition que le pain de chaque jour lui soit garanti [1]. C'est ce que nos hommes politiques semblent comprendre maintenant, en observant eux-mêmes et en s'aidant de l'expérience impartiale de quelques-uns de nos colons. Car, peuples et races ne se sentent solidaires, depuis l'aurore de l'humanité, que par la chaîne infrangible de l'intérêt.

CI. — Au cours de cette guerre de 1914, on a fait un certain emploi de la main-d'œuvre *annamite*. Les Annamites ont quelque affinité avec les Malais et les Japonais; ils sont intelligents et travailleurs; ils conviennent à l'industrie; mais leurs habitudes les éloignent de nous beaucoup plus que les Arabes.

Est-il concevable enfin que j'aie traité de la main-d'œuvre sans déclarer que le droit au travail est imprescriptible ? Le droit de *tous*, évidemment, car de lui dépend le droit de chacun; la réciproque n'est pas vraie. Comme je l'ai dit pour les grèves, c'est l'organisation meilleure des conditions de la vie, ce sont les lois bien faites qui donneront sa véritable solution au problème social; et pour être parfaite, l'œuvre du législateur devra s'appuyer sur la *science expérimentale*, et les enseignements très exacts de la physiologie du travail; mais, surtout, *s'appliquer largement* à tous les travailleurs, hommes, femmes, enfants, aux ouvriers groupés de la cité comme aux paysans perdus dans les replis de la glèbe. On s'impose aux sociétés humaines par la droiture et l'impartialité, même parfois aux sociétés cultivées.

[1] Jules Amar, lettre-rapport, adressée, le 4 juin 1909, à M. G. Clémenceau, président du Conseil des ministres.

CHAPITRE X

LA RÉÉDUCATION DES BLESSÉS [1]

I. — RÉÉDUCATION FONCTIONNELLE

CII. — Un grave problème s'est posé à la science et à la conscience humaines le jour où il a fallu se préoccuper du *travail des blessés militaires*, victimes glorieuses de la plus effroyable guerre [2].

Il a ému naturellement les plus nobles esprits et sollicité toutes les compétences. Je n'entreprends pas de rappeler tout ce qui a été tenté, en France et ailleurs, pour faire œuvre utile. On s'est inspiré généralement de l'exemple un peu vieilli des pays scandinaves. Il existe, en effet, des œuvres d'*assistance aux mutilés* en Danemark, en Suède et en Norvège. L'œuvre de Copenhague, due à l'initiative du pas-

(1) Je développerai, dans ce chapitre et les suivants, mon Mémoire du *Journal de Physiologie*, p. 821, 1915, et ma *Conférence aux Œuvres pour les mutilés*, du 12 janvier 1916, qui fut présidée par M. Painlevé, ministre de l'Instruction publique (publiée en brochure, chez Dunod et Pinat, Paris).

(2) Quelques définitions sont nécessaires. Nous appelons *infirme* ou *invalide* toute personne qui n'est capable d'aucune restauration fonctionnelle, par impossibilité anatomique ou physiologique; — l'*impotent*, au contraire, en est toujours capable; — le mutilé peut être infirme ou impotent; ce qui le caractérise, c'est l'absence d'un membre, d'un segment de membre, ou d'un organe quelconque; et on réservera plus spécialement le nom d'*amputés* à ceux qui ont subi la *mutilation* d'un organe de la locomotion. Le terme de *blessés* designe, en général, les impotents et mutilés par suite de causes externes, et il doit être confondu avec celui d'*estropiés*. D'après cela, il est évident que nous nous occupons de la rééducation des *blessés*.

teur Hans Knudsen, est la plus ancienne (1872). Celles de Stockholm et de Christiania furent créées 20 ans plus tard. Et sur quelque pays qu'on jette les yeux, on s'aperçoit que ce fut toujours de la conception d'une *assistance* aux mutilés et estropiés, d'une aide réelle et d'un *secours de bienfaisance*, que se sont inspirés les émules de Knudsen. C'est une conception religieuse ou si l'on veut morale, dont l'ébauche appartient aux plus anciennes civilisations. Mais, faute de bases scientifiques, et par ignorance des questions sociales, il n'y eut jamais un essai de *rééducation professionnelle* en faveur des blessés, même pas à la suite des guerres qui ensanglantèrent l'Europe et l'Amérique de 1854 à 1871.

L'heure est venue, croyons-nous, d'*organiser* le travail des blessés, de manière que chacun soit à sa vraie place dans la machine sociale, y contribue de son mieux à son fonctionnement, et ainsi marche vers la prospérité.

L'objet de cette organisation est donc d'*utiliser rationnellement* les capacités humaines, même quand elles sont amoindries, et dans le cadre d'une vie normale. « De l'étiage un peu inférieur de l'assistance, comme disait M. Viviani, il s'agit de s'élever à la prévoyance par le travail (1). »

CIII. — **Nécessité d'employer les blessés.** — C'est là, sans doute, une question *technique* et *scientifique* par essence, qui était réservée à notre temps ; mais elle appartient aussi à l'ordre des choses sociales où se mêlent, en des proportions que je ne saurais bien définir, l'action législative et l'action politique au sens élevé de ce mot.

N'oublions pas, en effet, que de sa solution dépendent et l'*avenir matériel et moral* de plusieurs milliers de familles françaises, et l'essor économique, si lent encore, de notre pays. Voudrait-on stimuler le labeur industriel, commercial, agricole, que nulle part il ne devrait y avoir de force perdue ou gaspillée. C'est la condition de notre richesse. Nous

(1) Officiel de la séance du 10 mars 1916 (discours de M. René Viviani, garde des Sceaux, devant le Sénat).

remarquions plus haut que, depuis quelques années, le monde du travail s'est de plus en plus raréfié. Employés et ouvriers font défaut, non seulement sous le rapport de la *qualité*, mais également du *nombre*. Que sera-ce demain !

Telles sont les préoccupations qu'éveille le problème des *blessés militaires* et des *accidentés du travail*, quant aux ressources d'énergie qu'ils apporteraient à la nation si leurs aptitudes professionnelles étaient, pour ainsi dire, évaluées et renforcées par une *rééducation méthodique*, en vue d'un emploi immédiat.

Pour nous en tenir aux seuls *mutilés*, *80 0/0* d'entre eux sont rééducables et reprendraient leur rang dans la société, en gagnant sûrement des appointements et des salaires suffisants. Ils se répartissent en *rééducables inconditionnels*, environ *65 0/0*, les autres *conditionnels*, en ce sens que ceux-ci demandent une installation spéciale des ateliers, et ceux-là non ; différence qui entraîne, pour les derniers, une certaine difficulté *à se placer*, à forcer la résistance des patrons, peu enclins généralement à faire les frais de cet outillage pour mutilés. Mais nous voulons, justement, que le placement soit entouré de toutes les garanties qui en feront une *chose durable*, à la satisfaction des parties intéressées.

D'ailleurs, ne soyons pas dupes des apparences. Le blessé ou le mutilé possède une capacité de travail parfaitement utilisable ; il représente une *valeur*, quelquefois *intégrale*. Il compense même le déficit physique par une bonne volonté agissante qui accroît son rendement. C'est un fait psychologique dont patrons et instructeurs doivent faire leur profit, car il est indéniable. Nos soldats, que j'ai pratiqués pendant 18 mois, ont montré constamment un esprit admirable, du sang-froid, du courage, de la fermeté d'âme. Quelques paroles de réconfort, ou mieux un bon conseil étaient parfois nécessaires. Jamais ils n'ont refusé d'écouter un avis autorisé.

Les nombreux blessés non mutilés qui accusent une *inca-*

pacité de travail à des degrés divers, se *réadaptent* plus ou moins rapidement, et peuvent se passer de la rééducation technique ; ils ont quelquefois besoin de compléter leur *instruction générale* pour *s'orienter* vers une profession de bureau, et c'est précieux à tous égards. On peut donc affirmer que *20 0/0* à peine des mutilés, une très insignifiante proportion de blessés tout à fait impotents, et la plupart des *aveugles* relèvent *seuls* de l'*Assistance*, qui est en France le domaine du Ministère de l'Intérieur.

Mais la grande majorité, heureusement, c'est-à-dire tous les rééducables, attendent qu'une organisation scientifique les ramène, par des voies certaines, aux professions où chacun donnera son exacte mesure. Ils comprennent que le recours à l'Assistance ou à la charité est une chose dégradante pour celui qui peut encore travailler de ses mains ou de son cerveau. Et je puis attester que les héroïques soldats de 1914 furent toujours loin de nourrir des idées déprimantes et de céder à l'instinct du moindre effort, qu'ils auraient été bien excusables cependant d'écouter.

Telles sont les raisons qui nous ont amené à définir une méthode efficace de rééducation, et à exposer un programme d'action sur l'organisation du travail des blessés. De multiples applications dans des pays différents répondent de la sûreté de l'un et de l'autre.

CIV. — **Principes généraux de rééducation.** — La rééducatiou doit, à notre avis, comprendre trois périodes. Dans une première période dite de *rééducation fonctionnelle*, il s'agit d'analyser les mouvements de l'homme pour établir son état fonctionnel, restaurer autant que possible la capacité motrice, et enfin s'assurer qu'un exercice prolongé ne compromet pas la résistance organique.

Dans une seconde période, on s'efforcera de suppléer le déficit dû à l'impotence, par un système orthopédique ; on adaptera aux mutilés des *appareils de prothèse* convenables, et alors commence la *rééducation professionnelle* proprement

dite, qui sera la troisième et dernière période. Dès qu'elle aura pris fin, on procédera au placement des blessés. Il est clair que les blessés faiblement impotents, ou susceptibles d'un traitement orthopédique immédiat, reprendront sans tarder leur ancien métier. En tout cas, ils le pourraient.

Mais l'impotence est-elle plus grave ou plus étendue, est-elle réfractaire à toute rééducation fonctionnelle, à toute suppléance mécanique simple, il faudra songer à *changer de métier*.

Quelque prudence qu'il faille apporter dans la question du *changement de profession*, où se perd une expérience laborieusement acquise, précieuse, souvent lucrative, le *réapprentissage* est parfois une nécessité. C'en est une pour beaucoup de mutilés, spécialement parmi les *amputés de bras*.

CV. — **La rééducation fonctionnelle des blessés.** — 1° Les impotents. — Examinons la première de ces trois périodes, celle dite de *rééducation fonctionnelle*, dans laquelle on traite de l'état moteur du sujet et de sa *valeur physiologique*. On emploiera, dans ce but, la technique détaillée ci-dessus (p. 232), en s'efforçant à rétablir la mobilité normale des articulations et la synergie musculaire. Il ne faut pas, en effet, perdre de vue que le mouvement d'un membre se produit pratiquement dans un *plan déterminé*, et que si l'on obtient qu'il y réalise son maximum d'amplitude, tout autre mouvement est par cela même rendu possible ; d'autant plus que l'exercice sur cycle, chirographe ou poire dynamographique, s'effectue *en force*. De toutes façons, il faut tendre aux résultats pratiques. L'expérience montre que la mobilité, graduellement assurée aux articulatious, jusqu'à la limite imposée par les besoins de la vie professionnelle, le gain de force qui en est corrélatif, l'activité humorale réparatrice qui s'ensuit, sont un tout solidaire et suffisant. Le travail est alors possible, et favorise la puissance motrice des organes.

Avec le cycle ergométrique, les grandes articulations sont

rééduquées rapidement, dans la mesure où s'exerce leur jeu *normal habituel*, soit pour marcher, soit pour actionner des outils. Le chirographe assure plus étroitement et efficacement la mobilisation des raideurs siégeant aux doigts ou au

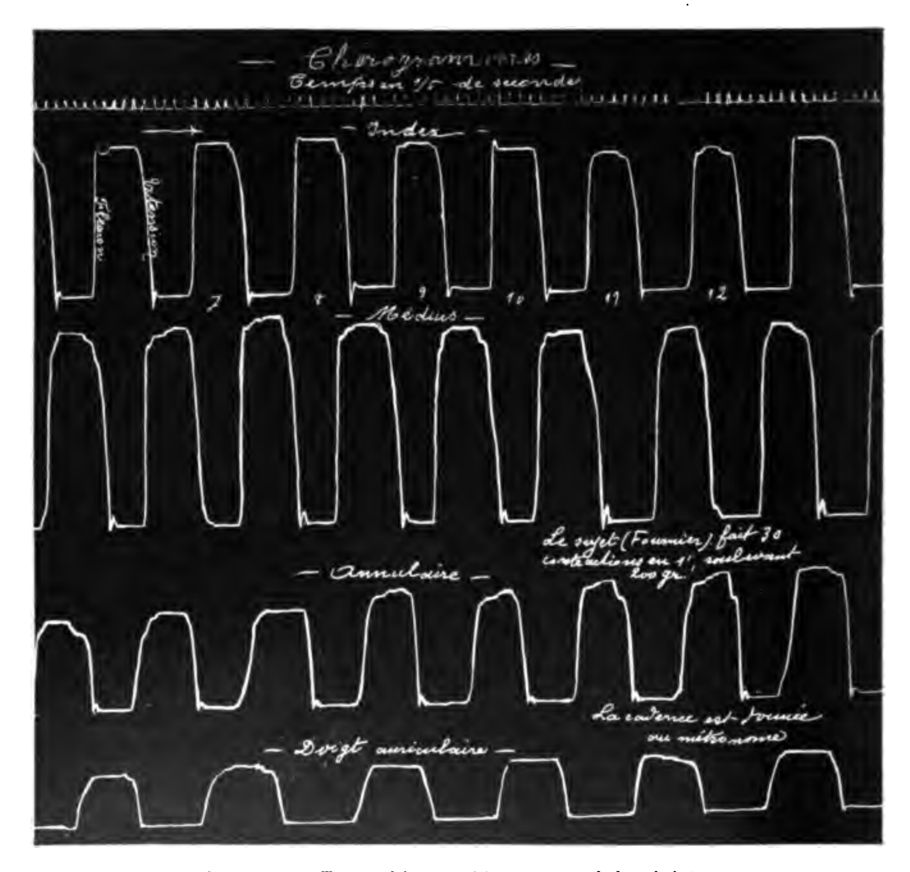


FIG. 70. — Tracé chirographique normal des doigts.

poignet. Les tracés fournis progressivement par le patient sont comparés à un tracé normal (*fig.* 70), celui de la main saine. On achève d'assouplir et de fortifier les muscles de la main sur la poire dynamographique, d'un emploi simple et rationnel. Les impotences, ainsi traitées, s'améliorent vite, et ne laissent, dans un grand nombre de cas, subsister

aucune gêne. Il convient de pratiquer, après les séances, un *massage* qui consolide les progrès acquis.

Dans d'autres cas, l'impotence est d'un traitement laborieux ; il ne faut jamais désespérer des ressources de la rééducation pour obtenir, au moins, un avantage qui permette de réadapter le blessé à une profession convenant à son infirmité.

Un grand nombre de blessés de membre inférieur sont condamnés à porter toujours, ou très longtemps, des *béquilles*. Il faut que celles-ci ne soient pas cause d'un affaiblissement de la *motilité ;* au contraire, la rééducation tirera profit de leur usage pour entraîner peu à peu les jambes à leur activité ordinaire.



Fig. 71. — Béquille physiologique extensible.

Jusqu'ici, les modèles courants n'ont pas empêché qu'il y ait une proportion de 19 parésies sur 100 béquillards[1]. La plupart de ceux qui échappent à ces accidents le doivent au fait qu'ils s'appuient davantage sur la traverse du milieu que sur la crosse. Mais cette pression des mains est *pénible*, et d'autre part la marche offre moins de *stabilité*. Aussi, le système de *cannes-soutiens*, avec un ressort appuyant l'avant-bras, n'était-il qu'un pis-aller (Tuffier et Amar).

Plus tard, j'ai imaginé la *béquille extensible*[2], qui me donne pleine satisfaction (*fig.* 71). La crosse pose latéralement sur des ressorts, calculés en vue d'amortir les chocs et de faire basculer la masse du corps ; d'où accélération du mouvement de propulsion, et diminution de la compression axillaire. En outre, l'instrument possède une traverse qui se déplace à

(1) Tuffier et Amar, *Comptes rendus Acad. Sciences*, tome CLXI, p. 302, 13 septembre 1915.

(2) Jules Amar, *La Nature*, du 29 avril 1916, p. 287-288.

volonté, dont l'excursion est de 9 centimètres, et un quillon formé de deux tubes qui, en coulissant, assurent le réglage de la béquille à la taille du sujet [1].

Simple, pratique et très résistant, ce modèle extensible remplit les conditions physiologiques à exiger de toute bé-



Fig. 72. — Étude de la fatigue d'un béquillard.

quille, les conditions mécaniques étant réalisées par tous les modèles, mais jamais par une *canne*, quelle qu'elle soit. — Il s'agit de conduire le blessé par étapes progressives, à demander de moins en moins la stabilité de son corps au double appui des aisselles, et à faire travailler les muscles

[1] La hauteur d'une béquille est de 1m,27 en moyenne pour les tailles de 1m,65 à 1m,73; la traverse se trouve à 0m,85 du sol.

des membres, sans fatigue, comme j'ai pu m'en assurer en mesurant l'énergie respiratoire (*fig.* 72).

CVI. — **Résultats.** — Je ne mentionnerai pas les résul-

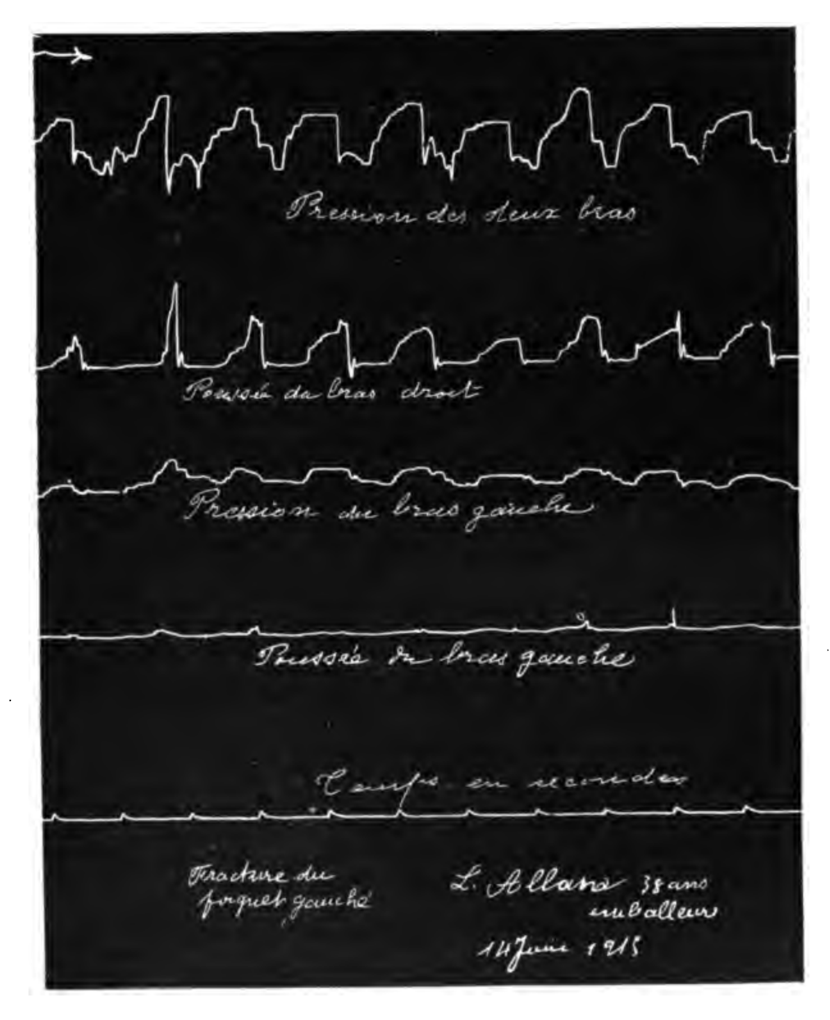


Fig. 73. — **Travail à la lime d'un impotent qui se rééduque (au bout de 15 jours).**

tats, nombreux déjà, de ces principes de rééducation fonctionnelle. La plupart des hommes qui leur doivent la restau-

ration de leur capacité dynamique ont été rééduqués aussi

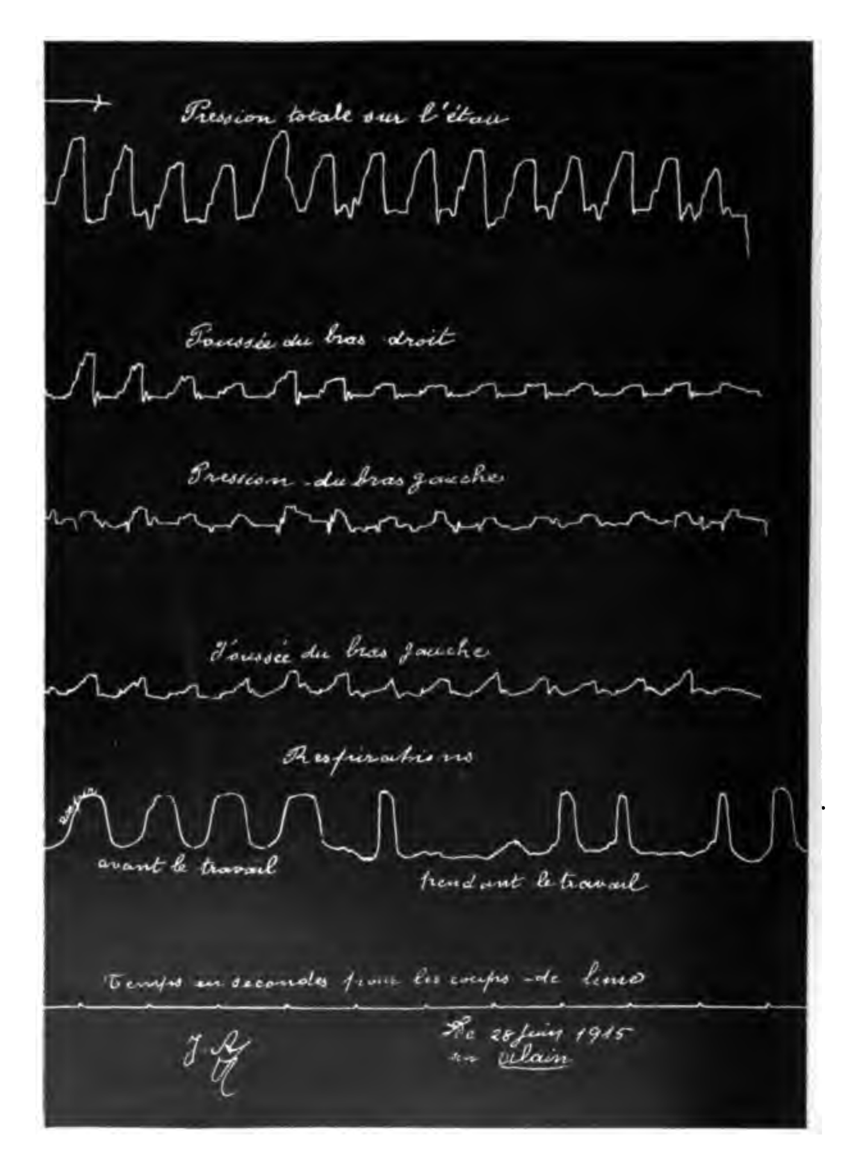


FIG. 74. — Le même, au bout d un mois.

professionnellement ; et on constate, dans les ***actes profes-***

sionnels qu'ils accomplissent, la sûreté et l'efficacité des procédés physiologiques que nous venons de formuler. Je citerai, par exemple, le cas d'une fracture du poignet accom-

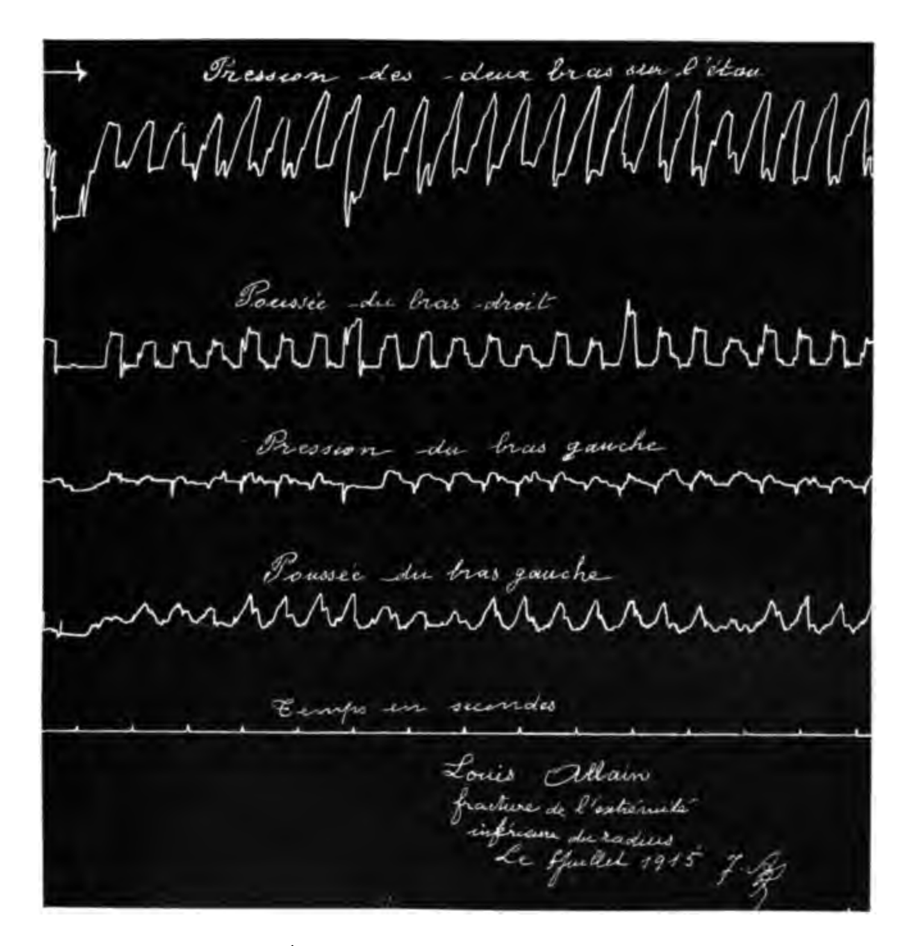


FIG. 75. — Le même, au bout de cinq semaines.

pagnée de raideur laissant les articulations presque immobiles. Les figures 73 à 75 montrent avec quelle rapidité la force et le mouvement se sont rétablis, permettant au sujet de se remettre au travail. Les exercices au chirographe sont ici d'une utilité frappante. Une élongation du plexus brachial

droit, dont on voit les effets au début (*fig.* 76), ne laissa aucune suite visible. Une ankylose complète de deux doigts (index et annulaire) ; une main avec les doigts fléchis en

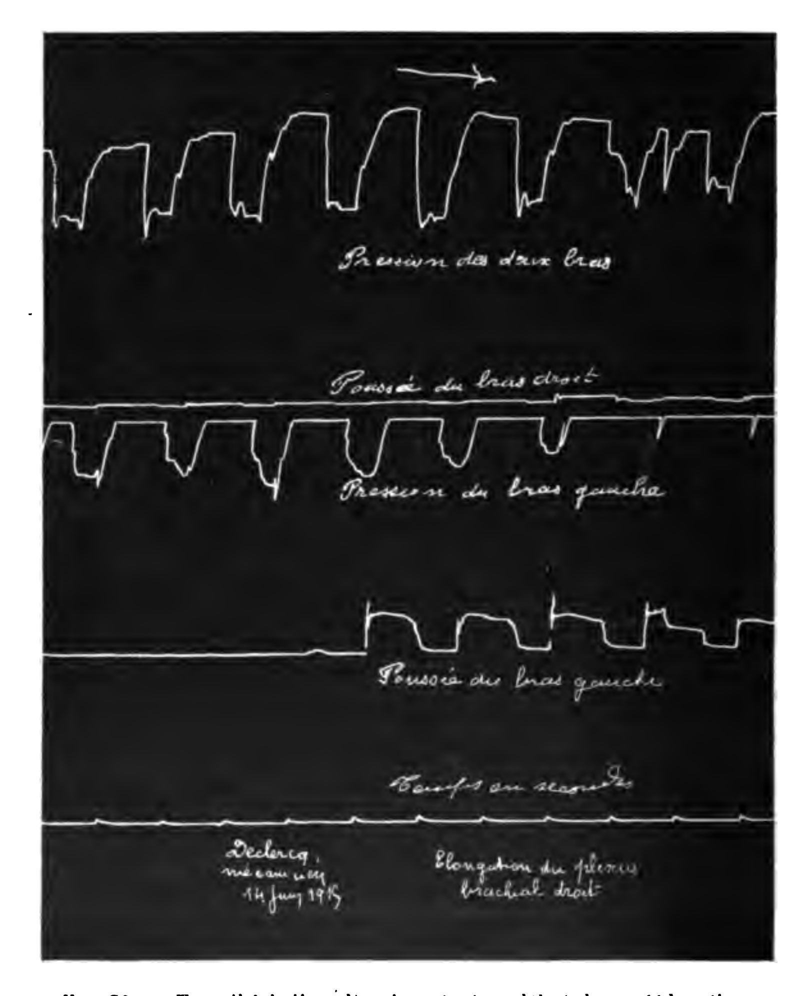


FIG. 76. — Travail à la lime d'un impotent au début de sa rééducation.

forme de campanule ; une ankylose à peu près complète de l'épaule droite résultant d'une blessure par balle, et qui a cédé, donnant une mobilité suffisante au sujet pour qu'il reprenne au Métro son métier de contrôleur de tickets

(*fig.* 77); un cas semblable, affectant l'épaule et le coude gauches, d'un jeune soldat atteint déjà de scoliose et qui a pu rejoindre l'armée après quelques semaines d'un traitement énergique; des doigts rigides, des paralysies plus



Fig. 77. — Résultat de la rééducation d'une ankylose complète de l'épaule.

ou moins graves de la main, des ablations osseuses de l'avant-bras (*fig.* 78), dans toutes ces circonstances il n'a subsisté de l'impotence initiale que des traces, pour ainsi dire, négligeables.

Si je donnais le tableau, jour par jour, des accroissements

d'amplitude des articulations, et de force des muscles, constatés rigoureusement à l'arthrodynamomètre, je ne ferais que multiplier des observations personnelles auxquelles je préfère cent fois le témoignage de ceux qui s'occupent de ces graves questions, et m'en écrivent dans une excellente pensée de

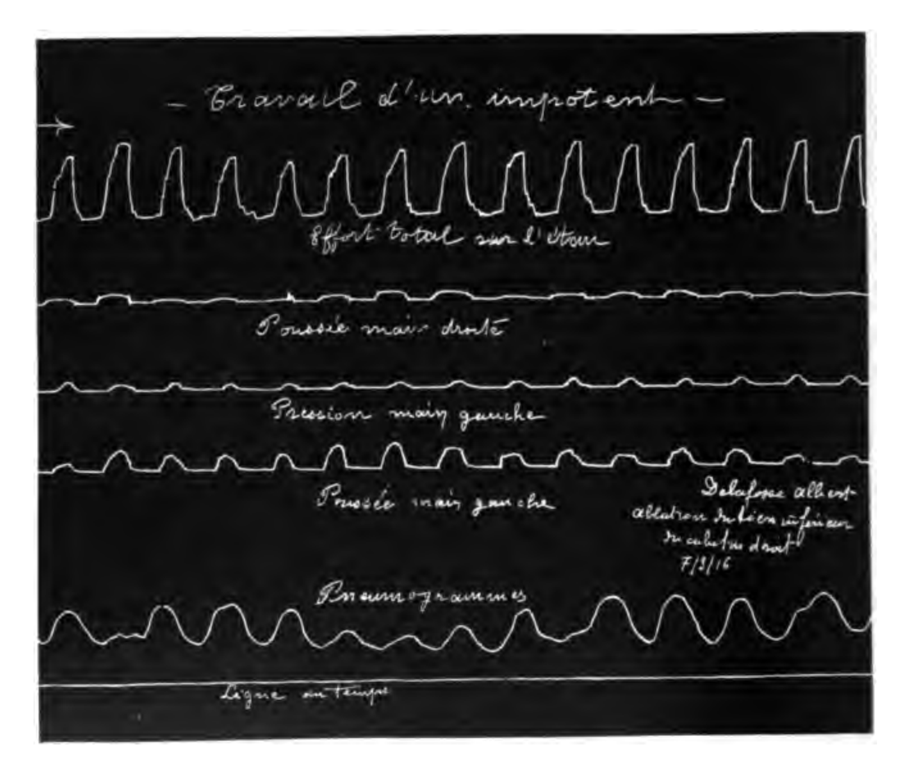


Fig. 78. — Débuts de la rééducation d'un impotent (ablation du tiers inférieur du cubitus droit).

solidarité scientifique. Le seul point sur lequel je dois insister, c'est que la rééducation des mouvements serve de préparation à celle du *travail utile* ou professionnel, et que celui-ci se règle sur les dispositions physiques et morales.

Si le nombre des impotents, par blessures de guerre ou accidents de travail, est très élevé, celui des *mutilés* ne l'est pas moins; il appelle une étude toute spéciale, à raison de

l'évaluation précise de la perte fonctionnelle qu'entraîne telle ou telle mutilation, et des moyens, assez complexes, d'y remédier par la *prothèse*.

CVII. — 2° Les mutilés. — Valeur fonctionnelle des moignons [1]. — C'est, en effet, au double point de vue de la prothèse et de la physiologie que l'on doit envisager la rééducation et la valeur d'un moignon.

Généralement, on se borne à *apprécier* la perte de *force* résultant de l'amputation ; on ne pousse pas plus loin l'analyse des conséquences que celle-ci entraîne, et des moyens qui pourraient permettre de les enrayer. Or, il faut bien se dire que l'amputation ne fait pas que réduire l'*action musculaire*, considérée dans ses facteurs mécaniques : force des muscles et bras de levier squelettique. Elle a une répercussion profonde sur l'*évolution histo-physiologique* de tout le membre, cela dans les circonstances les plus normales, en dehors de toutes complications. Elle atteint, en particulier, le *domaine sensitif* dont on sait l'étroite solidarité avec le domaine moteur. Il s'ensuit une diminution de la capacité fonctionnelle, que personne encore n'a cherché à évaluer. Elle importe, cependant, pour guider la prothèse et la *réadaptation des mutilés au travail*, surtout si l'on admet, comme nous le verrons ultérieurement, que la *sensibilité* des moignons est susceptible d'*éducation* à un degré absolument insoupçonné. Faire cette *éducation sensitive des moignons et porter au maximum leur utilisation fonctionnelle*, tel a été l'objet de mes recherches pendant deux ans.

CVIII. — **Puissance des moignons.** — Tout d'abord, avons-nous dit, l'amputation diminue la puissance motrice.

Le bras de levier, depuis le centre de l'articulation proximale, est raccourci ; la force musculaire s'abaisse du fait de

[1] Jules Amar, *Comptes rendus Acad. Sciences* du 29 mai et du 5 juin 1916 ; t. CLXII, p. 813 et 887.

l'atrophie et de l'immobilité à laquelle est condamné le patient, souvent plus qu'il ne faudrait.

Mais dans quelles proportions varie la puissance du moignon, eu égard à sa longueur ? — Sans doute, plus il se rapprochera de la longueur normale du segment, plus il donnera de prise, d'adhérence à l'appareil prothétique ; et, en même temps, il assurera une intervention supérieure de la synergie musculaire du membre. — Il n'en est pos moins vrai que ces deux avantages ne progressent pas régulièrement avec les dimensions du moignon. Un exemple va le montrer.

Soit l'action des muscles fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras ; elle s'exerce à 3^{cm},50 de l'articulation du coude à peu près, et surmonte la résistance totale de l'avant-bras et de la main, dont l'effet agit au centre de gravité, environ à 16 centimètres de la même articulation. Il est clair que si l'amputation respecte l'insertion des muscles qui réalisent les mouvements utiles ; si, dans notre exemple, elle laisse un moignon de 4 centimètres au minimum, ce dernier aura une valeur physiologique totale, qu'il appartient à la prothèse scientifique d'utiliser habilement. Or, précisément, cette *mesure anatomique* est insuffisante ; car, d'une part, il n'existe pas de mouvement auquel ne collabore pas tout un *groupe musculaire*, avec ses éléments en apparence opposés ; dans les courts moignons, cette synergie, qui est physiologique et non pas anatomique, se trouve compromise ou restreinte. D'autre part, il faut compter avec la *solidité et la stabilité* de fixation de l'appareil de prothèse, qui dépendent de la longueur du moignon. Les deux facteurs sont également importants dans le cas des amputations de *membre inférieur*, vu le poids et la force vive du corps pendant la marche. Tandis que, pour le *membre supérieur*, la stabilité constitue le facteur principal ; elle a pour but d'autoriser des mouvements sûrs et rapides.

Il semblerait, cependant, qu'avec des moignons juste assez longs pour réaliser leur fonction, la prothèse offrirait un avantage sur la nature : elle remplace le segment amputé

par un segment plus *robuste et plus léger*. Mais ce n'est point là un avantage, car une amputation trop haute fait disparaître des éléments musculaires dont la force eût compensé l'inertie de l'organe; elle affaiblit les phénomènes de nutrition et la vitalité cellulaires ; et, par contre, favorise l'atrophie et la dégénération. Nous reviendrons sur ce point.

Le chirurgien pourrait, toutefois, se rallier à un mode opératoire qui sacrifie la longueur du moignon pour mieux étoffer celui-ci à sa base, et lui épargner toutes causes d'ulcérations et de douleur.

De ces brèves considérations, il résulte, en toute évidence, que la chirurgie, la prothèse et la rééducation professionnelle doivent se guider sur la *mesure exacte de la puissance des moignons*. Bornons, ici, notre exposé au dispositif expérimental propre à ces mesures.

CIX. — **Technique pour mesurer la puissance des moignons.** — La technique est très simple. On évalue en degrés l'amplitude des mouvements angulaires du moignon sur son articulation, et aussi la force absolue des muscles qui en déterminent la flexion. En les comparant à la force et à l'amplitude du membre sain, on calcule le *taux de la perte* résultant de l'amputation.

Pour de telles mesures, on peut employer l'*arthrodynamomètre*. Mais, pour nous rapprocher des conditions mêmes où s'exerce l'activité d'un moignon, nous avons adopté la *gouttière dynamométrique* du cycle, avec laquelle, depuis 18 mois, nous rééduquons les membres amputés.

Le moignon s'engage dans cette gouttière, soit *brachiale* (*fig.* 79), soit *jambière* (*fig.* 80), l'articulation exactement au niveau de l'arbre. On lui imprime *sa plus grande oscillation*, de l'adduction à l'abduction extrêmes, et, dans ce mouvement, l'arbre entraîne l'aiguille du cadran gradué.

D'autre part, un ruban d'acier frotte sur le volant : on le tend avec des poids, ce qui permet de régler le frottement,



FIG. 79. — Mesure de la puissance d'un moignon de bras par la gouttière dynamométrique.



FIG. 80. — Mesure de la puissance d'un moignon de jambe par la gouttière dynamométrique.

et de créer une résistance à vaincre variable à volonté, et d'ailleurs marquée sur un dynamomètre. Le parcours du volant et le frottement donnent, par leur produit, le *travail effectué*. Connaissant la durée de cette oscillation, la plus rapide et la plus ample, on calcule la *puissance par minute* (1).

Cette puissance fonctionnelle des moignons change suivant les sujets. Aussi, doit-on comparer le membre sain et le membre amputé, effectuer les mêmes déterminations sur plusieurs personnes, et en déduire des *valeurs moyennes*. C'est d'après l'observation de 200 amputés, de bras, avant-bras, cuisse ou jambe, que nous avons calculé la puissance fonctionnelle d'un moignon de longueur donnée, celle du segment normal étant supposée égale à 100.

CX. — **Résultats des mesures de puissance des moignons.**

Amplitude en degrés.

A. — Membre supérieur

a) *Bras* (2)

	Antérieure	Postérieure	Totale	Puissance totale
32 à 13 centimètres......	140°	90°	230°	100
12 à 7 —	100°	52°	152°	64
6 à 5 —	85°	45°	130°	44
4 —	55°	25°	80°	[illegible]

b) *Avant-bras* (3)

24 à 12 centimètres.............	Flexion de 140°	100
11 à 7 —	— 125°	68
6 à 4 —	— 95°	40
Au-dessous de 4 centimètres.....	— 90°	négligeable

(1) Il est inutile de faire observer que le travail et la longueur du moignon permettent de calculer la *force* que celui-ci développe.
(2) Longueur à partir du niveau de l'aisselle.
(3) Longueur à partir du pli de flexion du coude.

B. — MEMBRE INFÉRIEUR

a) *Cuisse* (1)

	Antérieure	Postérieure	Totale	Puissance totale
40 à 18 centimètres	110°	40°	150°	100
17 à 10 —	70°	32°	102°	62
9 à 6 —	55°	30°	85°	38
5 —	40°	28°	68°	24
4 —		inutilisable		

b) *Jambe* (2)

38 à 17 centimètres.............	Flexion de 125°	100
16 à 7 —	— 110°	73
6 —	— 90°	négligeable

Les valeurs indiquées dans ce tableau présentent une certaine analogie et comportent divers enseignements.

En particulier, *tout moignon inférieur à 4 centimètres n'est pas « appareillable » utilement*. Entre 4 et 6 centimètres pour l'avant-bras, jusqu'à 9 centimètres pour la cuisse, les dispositions prothétiques doivent être combinées de manière que ni l'amplitude ni la force disponibles n'en soient amoindries. C'est ce qui sera examiné plus loin.

CXI. — **Modification histo-physiologiques des moignons.** — Mais la puissance d'un moignon n'exprime pas toute sa *capacité fonctionnelle*. La solidarité des éléments nerveux, sensitifs et moteurs, s'y révèle de telle sorte que la moindre *hypoesthésie* diminue l'adresse des mouvements et le rendement des appareils de prothèse. Il convient, par conséquent, de savoir quels changements apporte l'amputation dans les conditions *histo-physiologiques* d'un moignon. Ce sont des *troubles trophiques* et des *troubles sensitifs*.

A. *Troubles trophiques dus à l'amputation*. — Des modifications trophiques, la plus rapide est celle des *fibres musculaires;* leur épaisseur se réduit, et celles qui ont été sectionnées forment de nouvelles insertions tendineuses aux dépens de leur substance contractile. Il en résulte un pouvoir de raccourcis-

(1) Longueur à partir du pli inguinal.
(2) Longueur à partir de l'articulation fémoro-tibiale.

sement plus limité, c'est-à-dire moins de force absolue, alors que, l'insertion s'étant rapprochée de l'articulation, un effort plus grand est nécessaire à l'exécution du mouvement.

Normalement, le raccourcissement du bras de levier des muscles aurait entraîné leur grossissement. Si cela ne s'observe pas sur les moignons d'amputés, c'est que les *éléments nerveux*, sans lesquels la vitalité des fibres musculaires s'efface, sont le siège d'une *dégénération* que favorise l'absence de mouvement. Cette dégénération s'accompagne d'*infiltrations graisseuses*, aussi bien dans les nerfs que dans toutes les cellules. La section transversale du moignon montre sur les bords, à l'endroit des lambeaux, quand il y en a, les signes très accentués de ces transformations histologiques. Elles sont très fâcheuses pour l'appareillage des mutilés, puisque les organes de prothèse y prennent *appui*, sans provoquer une sensibilité qu'on voudrait intégrale pour l'adresse des actes de la vie.

Plus lentement que les autres tissus, celui du squelette évolue à son tour. Nos observations, faites sur moignons de grenouilles depuis 6 mois environ, ont permis de constater une certaine *raréfaction osseuse*, une densité plus faible du fémur sectionné comparé au fémur sain. Toutefois, des recherches suivies plus longtemps, et sur des espèces animales capables de grands efforts, avaient montré que les lamelles du tissu spongieux changent de disposition et réalisent un nouveau mode de résistance. Il faut donc toujours avoir sous les yeux la diminution de force du moignon et sa moindre vitalité.

CXII. — B. *Troubles sensitifs dus à l'amputation. — Éducation sensitive.* — Du point de vue de l'évolution nerveuse, tout amputé possède un *champ de sensibilité réduit*. La somme des sensations, provenant de la surface cutanée du membre mutilé, ne suffit pas à entretenir la marche normale des réactions cellulaires, d'où les troubles trophiques constatés ; car les phénomènes nutritifs sont indirectement stimulés par

les impressions extérieures venant solliciter l'impulsion nerveuse motrice.

En outre, la *sensibilité* des moignons, au contact ou à la pression, est *affaiblie*, et les centres nerveux, séparés de leurs connexions anatomiques normales, traduisent faussement les sensations.

Sensibilité des moignons. — En effet, la section transversale d'un moignon est assez peu sensible au toucher. L'exploration, faite à l'*esthésiomètre* (type Weber, à deux pointes d'ivoire), montre qu'il faut écarter les pointes à 20 millimètres environ pour les rendre perceptibles, alors que sur les doigts 2 millimètres suffisent. Malgré cette *hypoesthésie*, la section est plus sensible au voisinage de la *cicatrice* qu'à la surface latérale du moignon. Ainsi, un amputé de bras, au tiers moyen, donnera : près de la cicatrice, 17 millimètres ; bords, 22 millimètres ; surface latérale, 3) millimètres.

Quand il existe un *lambeau terminal*, sa sensibilité est confuse ; elle est parfois négligeable, et c'est là que l'on constate de la dégénération grasse.

Un second trait important est celui du *rejet latéral*. On touche un point de la surface transversale ; c'est en un point de la surface latérale, situé sur la génératrice voisine de l'endroit touché, que la sensation tactile est perçue. Elle est perçue d'autant plus loin de la section que l'amputation est plus récente et le moignon plus atrophié.

Le phénomène du rejet est constant chez les amputés de bras ou de jambes, mais point définitif.

L'*éducation* et la *réadaptation sensitives* des moignons corrigent les erreurs de localisation. On y arrive par des *exercices convenablement réglés*. L'amputé actionne, avec son moignon, la *gouttière du cycle ergométrique*, en surmontant des résistances graduellement variables. L'intelligence et l'attention aident à lui faire apprécier ces variations.

Mais on doit procéder avec plus d'exactitude, en faisant usage du *bracelet à poids* (*fig.* 81). Celui-ci se place à l'extrémité du moignon, et l'on introduit, dans le plateau qu'il

porte, des poids de jour en jour plus faibles. Le sujet devra, les yeux bandés, dire si le poids a été mis ou enlevé, si c'est toujours le même, si on l'a diminué et de combien, toutes indications qu'il faut savoir obtenir du patient. Puis, on



FIG. 81. — Expérience d'éducation sensitive d'un mutilé aveugle au moyen du bracelet à poids.

déplacera le bracelet le long du moignon, pour explorer la sensibilité (1).

Au moyen d'un petit *dynamomètre de pression*, on reconnaît aussi que le moignon réagit diversement suivant les points impressionnés : au voisinage de la cicatrice, il suffira

(1) *Comptes rendus Acad. Sciences* des 2 et 16 octobre 1916, t. CLXIII, p. 335 et 401.

d'une pression, en moyenne inférieure de *20 grammes* à celle que réclament les bords, et de 75 grammes à celle que nécessite la surface latérale. Et le phénomène du rejet se manifestera tant que la valeur absolue de la pression ne dépasse pas 300 grammes. L'éducation sensitive a raison de cette hypoesthésie, notamment à l'avantage des *aveugles*, pour lesquels une technique spéciale doit être employée (voir plus loin).

CXIII. — **Phénomène de Weir-Mitchell** [1]. — Les amputés offrent une autre particularité, sur laquelle Weir-Mitchell a insisté le premier (1867). Il s'agit de l'*illusion* qu'ils ont tous de sentir encore et de posséder le segment de membre absent, qu'ils localisent *plus près* de leur moignon qu'il ne l'était dans la réalité ; cette illusion est précédée par un « fourmillement » siégeant tout près de la cicatrice.

Admettant la *persistance, toute la vie*, de cette hallucination, le savant américain avait conclu que l'origine de tous nos actes est *centrale*, cérébrale, et nullement périphérique. Nous décidons et concevons nos mouvements sans que rien, du dehors, les provoque ; la sensibilité n'y a aucune part.

Mes expériences sont loin de confirmer les vues de Weir-Mitchell. Le phénomène qu'il a décrit n'est pas permanent ; la rééducation le fait disparaître en quelques mois, et le retour au travail quotidien en détruit les dernières traces.

C'est dans l'inaction, l'oisiveté attristée par les soucis, le mauvais temps, que se manifeste la sensation douloureuse du membre « fantôme ». De plus, l'amputé sent *uniquement le segment terminal, main ou pied*, jamais un segment intermédiaire ; et il les sent tels qu'ils étaient habituellement, *dans l'état dynamique*, la main serrant l'outil de travail, le pied orienté dans la position qu'exigeait le métier. Il n'éprouve pas de fourmillement la nuit, mais ce dernier s'avive au souvenir de la vie professionnelle, de sorte qu'il est déterminé par une *cause morale* et une *cause physiologique*.

[1] WEIR-MITCHELL, *Lésion des nerfs* (traduction française).

Le phénomène de Weir-Mitchell ne vise que la première. Mais la seconde est plus essentielle, et se rapporte au *cycle sensitivo-moteur*. Par cela même que l'éducation sensitive du moignon met fin au rejet latéral et à l'illusion du membre absent, qu'elle corrige parfaitement l'extériorisation, il n'est point douteux que la sensibilité gouverne tous nos actes ; la périphérie du corps est en relations physiologiques avec les centres nerveux. C'est ainsi que l'enfant se forme une notion exacte de l'espace *réel* et de ses distances relatives.

Et la théorie du fourmillement serait la suivante :

La voie sensitive, par laquelle cheminent les impressions, est quelconque. Si, par exemple, la main est amputée, c'est du bras et de l'avant-bras que les impression parviennent aux centres. La réaction motrice, émanant de ces derniers, s'arrêtera au terme du trajet moteur, ici interrompu par l'amputation. Or, la section créée par cette amputation est une surface dont tous les éléments nerveux sont obtus, le plus souvent dégénérés; une telle surface fait *écran*, et alors la réaction motrice met en branle des *fibres récurrentes*, ce qui engendre un fourmillement spécial.

CXIV. — L'expérience démontre donc que la *rééducation des moignons* améliore leur état physiologique, les réadapte, et combat la menace d'une dégénération nerveuse. Elle leur permet d'agir sur les appareils de prothèse avec une force parfaitement nuancée et une meilleure utilisation du sens tactile et du sens musculaire. Cela est très important, surtout pour les amputés doubles et les aveugles mutilés.

A ces avantages, précieux pour la chirurgie orthopédique, s'ajoute l'avantage moral de donner aux blessés comme un sentiment de leur force et d'espérance en l'avenir.

CXV. — **La rééducation et l'état organique des blessés.** — La rééducation ne se borne pas aux organes moteurs ; elle s'étend de plus en plus à tous les agents de notre activité, à ceux qui dispensent l'énergie (cœur, poumons) ou

assurent nos relations avec le monde extérieur (sens). Il est possible, en effet, de réadapter, comme on vient de le voir, le *toucher*, ce sens supérieurement développé chez les aveugles, et dont la prothèse des membres supérieurs tire



FIG. 82. — Examen de l'état organique d'un amputé.

un si grand parti. Le *sens auditif*, diminué à la suite d'accidents de l'oreille externe, paraît susceptible également de progrès sérieux, encore que je ne m'en sois pas rendu compte personnellement. Et chacun se doute bien que la *vision* peut recevoir, après traitements appropriés, de notables améliorations.

Ce que je puis affirmer, en ces matières, c'est que la plupart

des sens se trouvent émoussés à la suite des troubles nerveux et des commotions, et aussi des traumatismes du crâne.

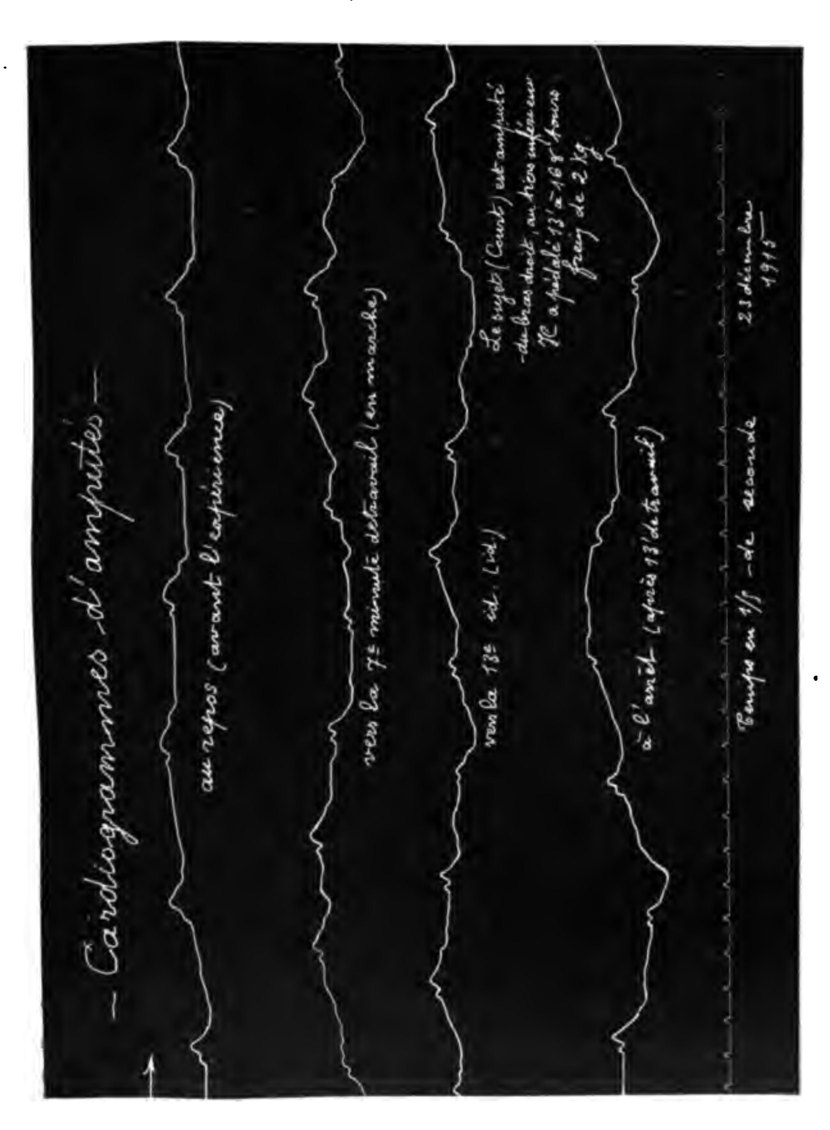


Fig. 83

La guérison achevée, on les voit reprendre leur *acuité*, sous l'empire d'un exercice constant et intelligemment surveillé.

Mais, plus que les défaillances des organes sensoriels, il faut

savoir déceler les affections cardio-vasculaires et pulmonaires, pour établir avec sûreté l'aptitude physique, le degré d'endurance du blessé. Il y a d'abord un premier examen,

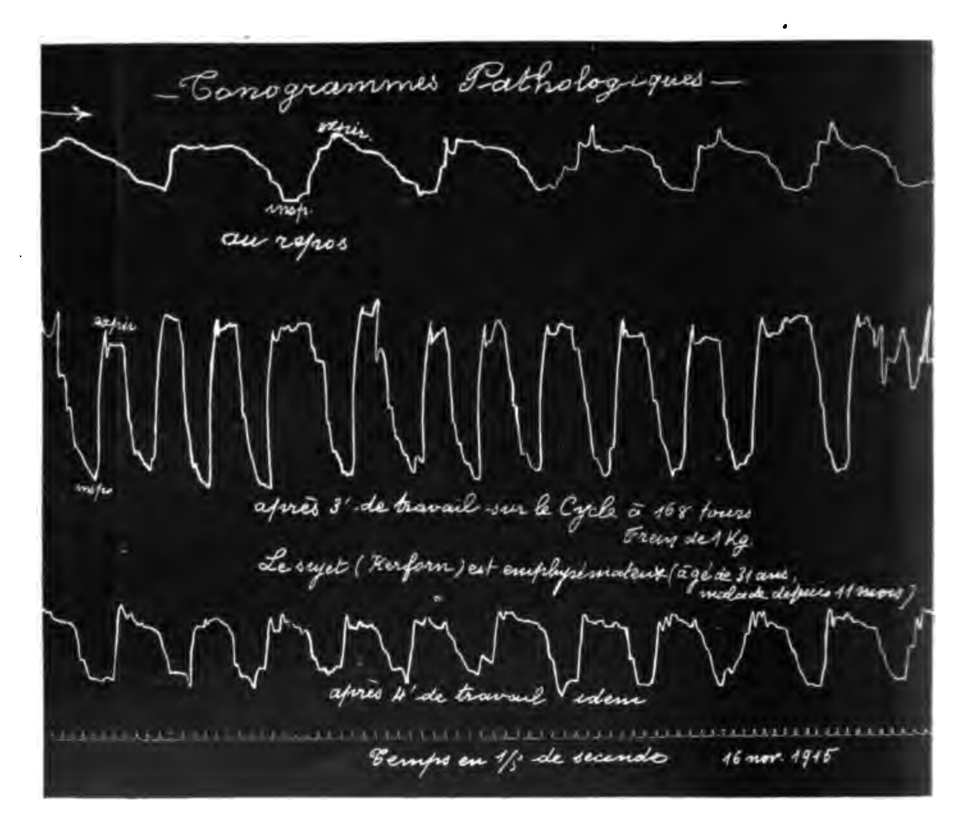


Fig. 84. — Respirations au repos, au travail et après le travail, chez un emphysémateux.

portant sur les caractéristiques thoraciques et morphologiques. Il y a, ensuite, l'examen clinique. On y ajoutera, enfin, pour les constituer en documents objectifs, les *tracés pneumographiques* et *cardiographiques*, obtenus après un exercice de fatigue sur le cycle. Cet exercice consiste, généralement, en une course de 10 minutes à l'allure de 200 tours par minute, sous un poids frénateur de 3 kilogrammes (*fig.* 82).

La figure 83, obtenue à la suite d'un tel exercice montre, par exemple, que les *cardiogrammes des amputés récents* ont une faible amplitude ; les systoles manquent de force, et, en conséquence, la tension *artérielle est abaissée*. Mais ce phénomène est passager ; la rééducation ramène le cœur à son mode normal d'activité.

Du côté des poumons on observe de la dyspnée, des respirations fréquentes et profondes, toutes les fois que la ventilation n'a pas le débit nécessaire, ou qu'elle est troublée par une cause pathologique (*fig*. 84). Il y a, de même, sous ce rapport, une *gymnastique respiratoire* à pratiquer, combinée avec le traitement médical. J'estime que l'état organique des blessés de la guerre, pour ne pas empirer un jour prochain, doit être surveillé par les médecins agissant comme rééducateurs et comme cliniciens, plus peut-être dans la première de ces deux fonctions que dans l'autre.

Il reste encore à faire le diagnostic de l'*état psychique*. La guerre de 1914 y ramène toute notre attention. Terrible dans ses effets, elle a ébranlé les centres nerveux supérieurs, et souvent troublé le bon fonctionnement du cerveau. Elle a disposé des milliers de blessés à des *désordres intellectuels*, *des phobies*, *hallucinations*, et diverses *psychoses* encore obscures (troubles de la *volonté*).

Quand on s'est donné la tâche de rééduquer les blessés et les mutilés, la principale préoccupation consiste à les défendre contre leur propre *affaissement moral*, et à leur rendre la confiance en eux-mêmes. Savoir leur parler, tâter leurs préférences, deviner leur goût, et faire valoir à leurs yeux les progrès de leur rééducation et le mérite du travail, c'est là tout l'art véritable, où se confondent le devoir national et la science humaine.

Avant donc de confier à l'atelier ou au bureau un de nos blessés, avant de le doter d'un appareil de prothèse, il est indispensable d'avoir obtenu le maximum d'amélioration dans son état fonctionnel et *sa résistance à la fatigue*, d'avoir *analysé les mouvements* qu'il est encore capable de faire, aux

points de vue de la précision, de l'étendue et de la force. Ces données renseignent utilement l'employeur et l'employé, et leur inspirent dans la Science toute la confiance que celle-ci mérite, et qui fait d'elle la forme supérieure de l'économie sociale.

CHAPITRE XI

LA RÉÉDUCATION DES BLESSÉS (Suite)

II. — PROTHÈSE SCIENTIFIQUE

CXVI. — 1° PRINCIPES. — Abordons, maintenant, la question des *appareils prothétiques*, l'une des plus importantes entre toutes celles qu'embrasse la rééducation professionnelle. Nos constructeurs devront s'efforcer de mieux harmoniser ces appareils au travail des mutilés. La *prothèse* n'a pas, en effet, pour but essentiel de remplacer un membre ou un segment de membre absents, mais de *suppléer une fonction abolie ou fortement lésée*. Si, par définition, elle est anatomique, en fait elle est physiologique et utilitaire. Tout en copiant la nature, elle n'en est pas esclave, parce qu'elle est obligée de *proportionner les poids et les dimensions des organes artificiels à la puissance musculaire encore disponible*.

Comme l'exprime l'étymologie du mot, la *prothèse* (du grec πρόθεσις = addition) consiste donc dans l'addition de pièces et de mécanismes qui rétablissent ou facilitent l'exercice de la fonction primitive.

Ainsi, elle aura à respecter l'état fonctionnel, à le favoriser même, et à préserver le moignon de toutes causes de douleur et de fatigue. Ce dernier point est, bien entendu, de la compétence du chirurgien ; lui seul peut voir la possibilité de sauver du membre le maximum de *longueur utile*, et

dans un état tel que l'instrument prothétique y trouve une *solide fixation ;* il est aussi à même d'apprécier que rien ne subsiste dans le moignon, ni esquilles, ni traces d'irritation ou de suppuration, ni douleur qui doivent retarder l'intervention de la prothèse. Il faut laisser un délai de 5 à 6 semaines, à partir de la cicatrisation complète, avant d'appareiller le moignon ; celui-ci se rétracte en général, diminue de volume et devient plus ferme. Des exercices *convenablement réglés* lui impriment une bonne *orientation*, y raniment l'activité humorale et entretiennent la vitalité cellulaire, par quoi sont enrayés les foyers d'ostéite et les menaces de dégénération. Alors le membre est prêt. La prothèse sera mise en œuvre, et il n'y aura pas assez de toute l'ingéniosité de la mécanique pour combiner entre elles et adapter à leur fonction les organes artificiels. Le terme *ingéniosité* est celui qui convient, car tout en utilisant les principes de la cinématique dans l'agencement des pièces, le constructeur aura le *goût* de la recherche expérimentale qui surprend et imite les actes naturels.

Fontenelle raconte qu'un prêtre, le Père Sébastien, excella. de son temps, dans cet art de l'invention adroite et élégante. Sur sa réputation, un gentilhomme suédois vint même à Paris lui redemander, pour ainsi dire, ses deux mains, qu'un coup de canon lui avait emportées : il ne lui restait que deux moignons au-dessous des coudes. Il s'agissait donc de faire deux mains artificielles, commandées par lesdits moignons. dont le mouvement serait transmis à des doigts flexibles grâce à des fils appropriés. Le Père Sébastien ne s'effraya pas de la tâche et présenta, dit-on, des essais intéressants à l'Académie des Sciences.

On peut, à cet égard, et en tirant profit de tous les progrès de la mécanique, pousser très loin la virtuosité. Mais il est des principes dont il importe de ne point s'écarter en prothèse. Nous les formulerons comme suit :

a) *Constituer des appareils prothétiques à fixation robuste, sans gêner les mouvements intéressés, ni ceux d'autres articulations ;*

b) *Les proportionner, comme poids et dimensions, à la force des moignons ;*

c) *Adapter aux appareils de membre supérieur un organe de préhension qui permette un usage long et varié.*

Cette triple condition garantit la *solidité*, la *simplicité* et le *bon rendement* des instruments de prothèse ; il en résulte un emploi toujours désirable de l'énergie humaine, dans des professions où il eût semblé que les amputés ne trouveraient jamais accès.

CXVII. — **Utilisation des moignons.** — Analysons le problème de plus près. Qu'il s'agisse d'un *bras* ou d'une *jambe* — je néglige pour l'instant les petites mutilations — le *but* est d'adapter au moignon un appareil qui remplace le segment amputé, et soit commandé mécaniquement par la puissance musculaire encore disponible. Or, l'anatomie et la physiologie nous enseignent quels mouvements ont été supprimés dont le rétablissement est nécessaire, et dans quelle mesure de force et d'amplitude le moignon pourra les produire. Ces détails sont connus; nous ferons simplement remarquer que l'*articulation de l'épaule* ou celle *de la hanche* sont des articulations maîtresses; chacune d'elles gouverne tout le membre dont elle fait partie et l'actionne efficacement; les muscles y ont un développement qui permet de les faire servir à distribuer la force motrice aux segments subalternes.

Il y a toutefois une *limite* à l'utilisation rationnelle des moignons.

Pour le *membre supérieur*, c'est dans les cas d'amputations laissant un moignon de *5 centimètres* tout au plus, comptés à partir du niveau de l'aisselle. A ce niveau, en effet, les muscles de l'épaule, spécialement le deltoïde et le sus-épineux, sont incapables de réaliser, par leur contraction, tous les déplacements voulus du bras de levier auquel ils s'insèrent.

Chez les amputés d'*avant-bras*, la puissance du bras est

évidemment totale, sauf accident d'ordre pathologique, ankyloses ou atrophies, et celle de l'avant-bras même peut être considérée comme satisfaisante lorsque le moignon mesure 5 centimètres à partir du pli interne du coude ; elle est totale depuis 10 centimètres, avec flexion, supination et pronation totales. Au-dessous de 10 centimètres, la perte subie par l'articulation huméro-radiale est difficile à compenser. Toutefois elle ne se fait guère sentir dans les exercices ordinaires de la vie, tant que l'épaule conserve sa complète liberté de circumduction.

L'*ankylose du coude* crée, au contraire, une gêne fonctionnelle assez grave, parce qu'elle retire à cette articulation — plus mobile que puissante — la possibilité d'orienter les mouvements de l'avant-bras en modifiant automatiquement son inclinaison sur le bras. Ce qui se traduit par une oscillation pénible de l'épaule et du tronc.

CXVIII. — Dans le *membre inférieur*, la *mobilité* du moignon de cuisse n'a point une importance absolue ; il suffit qu'elle assure l'exercice de la *marche* en autorisant un mouvement angulaire de 30°. Physiologiquement, tout moignon, supérieur à 5 centimètres à partir du pli inguinal, satisfait à cette condition. Mais sa *longueur* n'est pas indifférente pour le port de l'appareil prothétique. Un bras de levier trop court diminuerait l'adhérence du *cuissard* et pourrait compromettre la solidité de la fixation. Ce qui obligerait de recourir à des modes d'attache de plus en plus robustes, que l'on recherchera de préférence sur la ceinture pelvienne. Les points de fixation trop éloignés sont défectueux, parce qu'ils créent, à la longue, une dissymétrie du corps avec fatigue excessive, et parce qu'ils intercalent, entre l'appareil et son attache, un système mobile et déformable qui laissera inévitablement du jeu. Donc, *brèves transmissions et répartition symétrique de la surface d'insertion*, tels sont les facteurs d'une bonne prothèse.

On ferait les mêmes observations sur la *jambe*. Cependant,

si l'articulation du genou commande un petit moignon (amputation dite « au point d'élection ») l'appareillage sera tout de même compatible avec une locomotion normale. Tout segment inférieur à 7 centimètres sera impropre à la marche en articulation libre; il faudra le fléchir et faire *marcher sur le genou*, comme dans les cas d'amputation intra-condylienne.

CXIX. — Les moignons résultant des *petites mutilations* sont ceux des doigts, des métacarpiens, etc. Ici, la valeur fonctionnelle exige une grande attention et une expérience rigoureuse. S'agit-il de la perte de phalanges? Pour les quatre doigts de la main — le *pouce* étant hors de compte — les deux phalanges extrêmes sont remplaçables; la sensibilité seule n'est pas remplacée, ou ne l'est que partiellement au contact de l'organe prothétique avec le moignon. — S'agit-il de perte totale des quatre doigts? Il sera encore possible de les suppléer par des segments artificiels prenant appui sur le métacarpe. Toute mutilation plus rapprochée du poignet complique l'appareil de prothèse, *mais ne doit jamais empêcher de constituer un ensemble de doigts artificiels opposable au pouce.* Le mutilé conservera, par conséquent, les moyens de se servir de ses mains avec une adresse suffisante.

Il faut toujours se rappeler que l'office de la main est dans la grande majorité des cas celui d'une *pince;* le pouce s'oppose aux autres doigts joints, et mérite ainsi son nom grec d'*antimain* (ἀντίχειρ), plus expressif que la racine latine *pollere* qui signifie : *être puissant.* Il y a, dans sa fonction, un élément géométrique, celui de l'opposition, et un élément dynamique, celui de la force que, sans lui, la main cesserait d'exercer.

La réduction du nombre des doigts atteint les deux éléments précédents; elle compromet la *solidarité* nécessaire à la précision des gestes et à la répartition des efforts sur un instrument ou un outil donnés.

Si l'on fixe à 7 kilogrammes l'*effort de serrement* entre pouce et index, il sera de 10 kilogrammes après addition du

médius, de 12 après leur jonction avec l'annulaire. Le dernier doigt n'y ajoute à peu près rien. Il a un rôle de direction.

Quant au pouce lui-même, il est remplaçable par un pouce artificiel non articulé à la première phalange. Mais en l'absence du métacarpien, sa fonction est très diminuée.

CXX. — **Facteurs mécaniques.** — A un autre point de vue, la valeur fonctionnelle des moignons est liée à la *masse* et aux *dimensions* des organes prothétiques, des mécanismes qu'ils ont, non seulement à commander, mais d'abord à *porter*. En principe, on distribuera *autour d'eux* les parties pesantes de l'appareil, soit en les y appuyant directement, soit en les ramassant. Par contre, les parties moins lourdes seront rejetées à la périphérie.

Il est clair que les organes creux, les formes paraboliques, présentent, à cet égard, de précieux avantages. C'est ce que la nature réalise dans les branches des arbres ou les plumes (rémiges) des oiseaux.

Maximum de résistance avec minimum de masse, dans la constitution du membre artificiel, c'est une loi fondamentale dont le sens est expliqué par l'absence de force motrice multipliée. Sur un membre inférieur, par exemple, les muscles se répètent, coordonnent leurs efforts, depuis l'articulation coxo-fémorale jusqu'aux articulations du pied ; ce n'est donc pas la musculature *pelvienne seule* qui actionne les divers segments du membre. Or, c'est une commande isolée, une force motrice *unique* qui doit, souvent, donner le mouvement à plusieurs *segments* artificiels. Ainsi on veillera à réduire le plus possible la masse, c'est-à-dire l'inertie de ces derniers, et aussi le *rayon* des parties rondes mobiles, la longueur restant ce qu'elle doit être anatomiquement. Dans ces conditions, on diminue ce que les géomètres appellent : le *moment d'inertie* du membre. — Enfin, des considérations mécaniques, que je ne puis développer ici, démontreraient que le *centre de gravité* d'un appareil doit toujours être à proximité de son axe d'oscillation.

Sur un *homme moyen*, et bien proportionné, les segments du corps fournissent les valeurs numériques suivantes :

SEGMENTS DU CORPS	POIDS	POUR CENT DU POIDS DU CORPS	LONGUEUR	DISTANCE DU CENTRE DE GRAVITÉ (1)	MOMENT D'INERTIE (3)
Tête	4kg,590	7,06	0m,16		0,00244 } 0,0247
Bras	2 ,180 } × 2	3,36 } × 2	0 ,35	0m,165 } 0,32	
Avant-bras.	1 ,480	2,28	0 ,24	0 ,100	0,00350
Main......	0 ,550	0,84	0 ,19		
Cuisse.....	7 ,530 } × 2	11,58 } × 2	0 ,45	0 ,200 } 0,38	0,01500 } 0,1003
Jambe.....	3 ,425	5,27	0 ,44 (2)	0 ,185	0,00800
Pied......	1 ,165	1,79	0 ,26	0 ,112	0,00070
Tronc.....	27 ,750	42,70	0 ,72		
TOTAUX....	65kg,000	100,00			

(1) A partir de l'articulation supérieure ou proximale.
(2) En y comprenant la hauteur du pied (6 centimètres).
(3) C'est le produit de la masse par le carré du rayon de giration, produit qui intervient dans le calcul de l'*énergie de rotation* d'un corps. (Voir sur ces définitions : *Le Moteur Humain*, page 54 et suivantes).

Ces données indiquent les limites pondérales extrêmes; mais on doit absolument se régler sur la puissance fonctionnelle du moignon déterminée comme on l'a vu plus haut.

Pour le *choix et les propriétés des matériaux* qui entrent dans la construction des appareils prothétiques, on se guidera sur ce qui a été dit dans *Le Moteur humain* (livre I). Il suffit de signaler que la résistance de ces matériaux (bois, cuir, métal) est importante surtout pour le membre inférieur, qui a le poids du corps tout entier à supporter dans la marche, et qui, aux allures rapides, supporte un poids de 25 à 30 0/0 supérieur. — La nécessité de réduire l'inertie des appareils de cuisse nous fait conseiller l'usage de matériaux spécialement très tenaces et légers, tels que le *bois contre-plaqué*, en couches minces et collées immuablement; le *carton comprimé*; le *duralumin* qui a pour caractéristiques :

Densité	2,8
Limite élastique..........................	27 kg/mm²
Résistance à la rupture..................	36 kg/mm²
Allongement à la rupture...............	17 0/0

La *tôle d'acier*, employée sous l'épaisseur de 1 millimètre à 1mm,5, répond au même but. Mais il convient d'éviter la *sonorité métallique* au moyen d'une couverture de parchemin très adhérente.

L'*acier* sera toujours recherché, néanmoins, pour la construction des pièces travaillant beaucoup. La prothèse a besoin d'aciers dont la composition et les qualités soient sensiblement les suivantes :

Carbone..............................	0.35 à 0,45
Manganèse............................	moins de 0,70
Silicium.............................	— 0,20
Soufre...............................	— 0,05
Phosphore............................	— 0,05

Le chauffage du métal sera effectué à 850°; on laisse refroidir à l'air et on trempe à 750°; on fait revenir à 500° pendant 30 minutes.

La ténacité est de 100 kg/mm² avec 10 0/0 d'allongement.

Il faut, à mon avis, abandonner l'*aluminium* pur; il se déchire, se travaille et se soude mal, et manque de ténacité.

Cet aperçu, forcément très court, sur l'objet et les principes de la prothèse scientifique, nous permet de jeter, maintenant, un coup d'œil sur les applications.

CXXI. — 2° Applications. — Le point capital en prothèse, c'est l'*application anatomo-plastique* des appareils. Elle exige des connaissances solides et une longue expérience.

Prothèse du membre inférieur. — Celle-ci est tout particulièrement une *prothèse de force*, simple ou nuancée d'après les modèles que l'on se propose. Simple, s'il s'agit d'appareiller des personnes fatigant beaucoup et désireuses bien plus de posséder un appui solide qu'un membre artificiel véritable. Généralement, on ne cherche pas, dans ce cas, à réaliser des *pas* réguliers. On adopte le mode de locomotion avec *pilon*, soit rigide, soit articulé, très analogue à la locomotion sur échasses.

Les modèles les plus compliqués sont les *jambes dites arti-*

ficielles, dont la disposition imite celle du membre inférieur, pour assurer l'évolution du *pas*, dans toutes les phases qui le composent. Cette harmonie l'emporte nécessairement sur la solidité, en raison du nombre d'articulations qu'elle échelonne tout le long de l'axe d'appui.

Je restreins la série des modèles à ceux qui me paraissent les meilleurs, et qui forment actuellement [1], *en partie*, le cahier des charges de l'orthopédie militaire de la France.

CXXII. — A. Amputation de cuisse. — *a. Type pilon à verrou.* — On doit tout d'abord considérer, pour les *amputations de cuisse*, le *pilon à verrou*, articulé au genou, et propre aux gens des professions rurales, comme à toutes celles, d'ailleurs, qui nécessitent beaucoup de déplacements et une certaine fatigue. Le *pilon rigide* ou non articulé, connu déjà au temps de Périclès, est un appareil d'attente ou, suivant le mot de Paré, « la jambe des pauvres ».

Aujourd'hui, le progrès industriel et social condamne l'usage d'une prothèse à ce point misérable et informe.

Au contraire, le *pilon à verrou*, tel qu'il doit être construit, offre de notables avantages sur le précédent. — Il comprend un *organe de fixation*, le *cuissard*, le *genou* et le *quillon*.

L'organe de fixation est formé d'une ceinture abdominale C, d'une bretelle B et d'un sous-cuisse (*fig.* 85). La ceinture est en cuir souple et large de 4 centimètres,ou en fort coutil, large de 8 centimètres. Elle se boucle devant. — On la réunit au cuissard par l'intermédiaire d'une pièce de hanche P ayant, à peu près, la forme d'un T, et toute en acier. La partie horizontale de la pièce de hanche, rivée et brasée sur la partie verticale, s'articule par deux rivets tournants de part et d'autre de la ceinture, que l'on sectionne à cet effet. La branche verticale présente deux articulations : une chape O à 4 millimètres en arrière de l'articulation anatomique coxo-

(1) Depuis le 13 juin 1916 (Travaux de la Commission du Cahier des charges, réunie au Laboratoire de prothèse du Conservatoire national des Arts et Métiers).

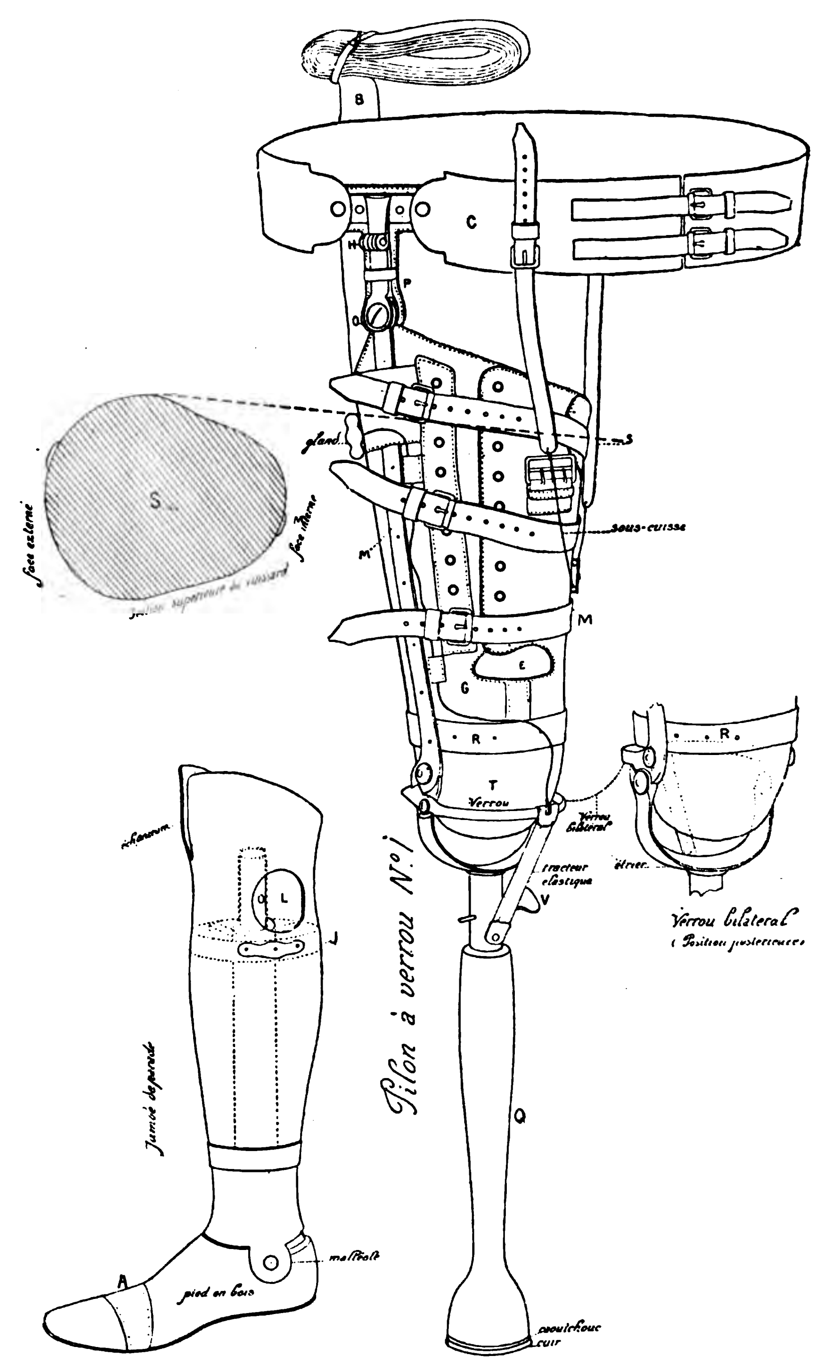


Fig. 85. — Pilon à verrou n° 1 et jambe de parade.

fémorale, et orientée dans un plan antéro-postérieur; elle atteint le bord du grand trochanter. La seconde est une charnière H, avec un point d'arrêt limitant à 30° la flexion externe du bassin; elle se place *immédiatement* au-dessous de la branche horizontale. Le sommet est à 1 centimètre en arrière et au niveau de la crête iliaque.

La pièce de hanche se double de cuir ou de coutil avec rembourrage, et elle prolonge le montant externe M du cuissard. Il faut s'assurer qu'elle s'applique très exactement au corps dont elle épousera le contour.

Pour les moignons courts, on doit supprimer la charnière H.

La *bretelle* sera faite en fort tissu élastique, large de 3cm,50. Ses extrémités sont rivées à la surface externe du cuissard, en avant vers le milieu du corps, et en arrière latéralement; elle se boucle par-devant, après avoir passé sur l'épaule opposée; elle y est maintenue par une seconde bretelle prenant l'autre épaule.

Enfin, le *sous-cuisse* est constitué par une *corde à boyau*, roulant, sans pouvoir la quitter, sur une petite poulie A fixée au montant interne du cuissard; elle rejoint la ceinture sur laquelle elle se boucle avant et arrière.

CXXIII. — Le cuissard est une gaine conique G en cuir de vache moulé, le plus rigide possible (densité = 1) et doublée de peau de chamois très résistante. Il présente une surface sensiblement plane correspondant à la partie externe et latérale du moignon; ce qui assure une bonne fixité (voir section S, *fig.* 85).

Toute la bordure d'appui sera aussi rigide que possible, et d'une épaisseur réduite.

La gaine est armée de deux montants en acier M et M', ayant 23 millimètres de large et 4 d'épaisseur, renforcés au niveau du genou (4mm,5 d'épaisseur). Ils longent l'axe du fémur en dehors et en dedans, et sont rivés solidement au cuissard (rivets en cuivre); un cercle d'acier doux R, égale-

ment rivé et ayant 2 millimètres sur 30 millimètres, les assemble inférieurement. Le montant externe s'articule à la pièce de hanche ainsi qu'on l'a vu.

Un second cercle en acier nickelé réunit, à la partie supérieure et intérieurement, les deux montants : il dépasse le montant interne par une extrémité, de 5 à 6 centimètres, descendante. Il est donc complet en arrière et ouvert en avant. A la partie postéro-interne, il sera fortement évasé, le bord supérieur éversé en dehors par rapport à l'axe du membre.

Le cuissard est fendu devant jusqu'à une échancrure E qui sert de fenêtre d'aération, et les deux moitiés de la gaine se recouvrent. Elles laissent un intervalle suffisant entre deux rangées d'œillets pour permettre un serrage progressif du lacet à mesure du rétrécissement du moignon. On complète la fermeture au moyen de trois courroies cousues et rivées, se bouclant du côté du montant externe.

La margelle du cuissard est échancrée sur le bord postéro-interne, correspondant à une *ligne d'appui ischiatique concave*. Cette partie sera faiblement rembourrée pour ne pas frotter et gêner la cuisse opposée. Le reste de la margelle aura une forme convexe, infléchie, et plus ascendante au niveau de la pièce de hanche. La cuisse, appuyée par l'ischion, se trouvera donc calée de toutes parts, et ne pourra pas tourner dans le cuissard.

Ce dernier se termine, enfin, par une calotte de cuir T distincte, emboutie et sans couture, que l'on rive et consolide grâce au cercle métallique inférieur, nickelé comme l'embrasse supérieure.

CXXIV. — Le *genou* comprend un étrier en acier forgé, fixé par deux vis aux montants, que l'on a incurvés pour disposer l'axe des articulations à *1 centimètre en arrière* de la verticale qui descend de la coxo-fémorale. Ces articulations du genou sont deux charnières avec butées, donnant une flexion de 90°. On leur a réservé un méplat avec épaulement à l'extrémité inférieure des montants.

La forme de l'étrier est celle d'une courbe rapide (parabolique); son épaisseur sera de 4^{mm},5 et sa plus grande largeur de 38 millimètres.

L'axe de chaque articulation est rapporté et rivé à l'intérieur de l'étrier; l'épaulement est évidé cylindriquement, dégagé aux extrémités, les faces se rencontrant à l'axe d'alésage suivant un angle de 60°.

L'étrier est distant de la calotte du cuissard de 15 milli mètres au centre. A sa base, on a assemblé perpendiculairement, suivant un axe vertical, et par deux tenons en bout opposés diamétralement, un tube creux en acier où sera fixé le quillon. Les tenons servent de rivets et sont logés dans des mortaises réservées dans l'épaisseur de l'étrier. On brase ensuite. Un méplat facilite l'ajustage des deux pièces sans réduire l'épaisseur.

Le genou comprend, d'autre part, un *verrou bilatéral*, arc de cercle en acier dont les extrémités sont fixées par des vis aux montants du cuissard, extérieurement. Il occupe la surface antérieure ou postérieure de celui-ci indifféremment, et présente un éperon dans le plan de chaque articulation de l'étrier. Il sera rapproché le plus possible du cuissard.

L'éperon doit être tel qu'il s'engage rigoureusement dans l'angle formé par l'épaulement du montant. Il est semblable des deux côtés ; sa section est ovale, sauf aux extrémités où c'est un méplat de 5 millimètres d'épaisseur.

Un tracteur élastique puissant prend le verrou bilatéral au sommet de l'arc, et s'insère inférieurement au tube en acier du quillon. Il sert à rappeler le verrou quand il doit bloquer l'articulation du genou. Mais pour permettre le fléchissement, le verrou est soulevé à l'aide d'une corde à boyau, qui s'insère d'une part au centre de l'arc, et d'autre part traverse un œillet fixé par un rivet au tiers supérieur du cuissard. Elle s'attache à un gland de tirage.

CXXV. — Le *quillon* sera en frêne, de préférence à tout autre bois, et cylindro-conique : diamètres de 43 et 33 milli-

mètres. Le bout en sera élargi à 70 millimètres, prenant la forme d'un petit sabot avec une semelle de cuir clouée. La surface externe du sabot est convexe, à rayon de $0^{m},90$. Entre la semelle et le bois on place une rondelle de caoutchouc de 5 millimètres.

La fixation du quillon au cuissard a lieu par l'intermédiaire du tube creux brasé sur l'étrier. Dans ce but, l'extrémité supérieure du quillon est chaussée d'un tube cylindrique en acier fixé par vis ; il doit pénétrer à frottement doux dans le manchon de l'étrier. On pratique un trou lisse dans le quillon et on brase un renflement sur le manchon externe en les taraudant tous deux en regard du trou. La fixation se fait au moyen d'une vis à portée. Pour les travaux de la campagne, le quillon aura un sabot de 12 centimètres de diamètre, et fait exactement sur le modèle de l'autre. Si le temps est humide ou le sol détrempé, la semelle sera graissée pour éviter les phénomènes d'adhérence qui ont lieu, par exemple, dans le *tire-pavés*.

L'inconvénient des quillons en bois est leur fragilité ; ils exposent aux accidents ; on pourrait employer le *duralumin* en tube creux, le sabot en bois se vissant dessus ; ou encore, adopter des quillons en bois creusé, sous un diamètre plus grand.

Le pilon à verrou ne doit jamais dépasser le poids de $2^{kg},600$, toutes pièces comprises.

Revenant aux principes de la prothèse scientifique, nous trouvons que les appareils du type pilon possèdent une faible inertie, une grande sûreté d'appui, et causent un minimum de fatigue dans la marche. A ce dernier point de vue, il est plus pénible de *faucher* que de *boiter* légèrement avec un quillon insuffisamment long.

Ajoutons que certains orthopédistes remplacent parfois le sabot par un *pied réel en bois*, et articulé en avant. C'est un contre-sens physiologique.

La figure 86 montre une mauvaise jambe de parade, avec sa jambière de cuir ; on la visse par son quillon intérieur sur



FIG. 86. — Pilons à verrou n° 1 et jambe de parade défectueuse.
A droite, un pilon tout en bois.

l'étrier du pilon, après en avoir séparé l'autre quillon que retenait une clavette. La vraie jambe de parade (*fig.* 85) est articulée au cou-de-pied.

Le pilon à verrou, tel qu'il vient d'être décrit, s'applique bien à tous les moignons de cuisse qui ont plus de 5 centimètres de bras de levier à partir du pli inguinal. Pour les amputations très hautes, inférieures à cette limite de 5 centimètres, ou pour désarticulation, on adoptera la disposition représentée sur la figure 87. Il y a trois types de pilons à verrou : nos 1, 2 et 3, les deux derniers caractérisés par une large ceinture moulée, le n° 3 possédant un *verrou à double effet* V et un rail R, avec un cuissard, postérieurement, en cuir souple S.

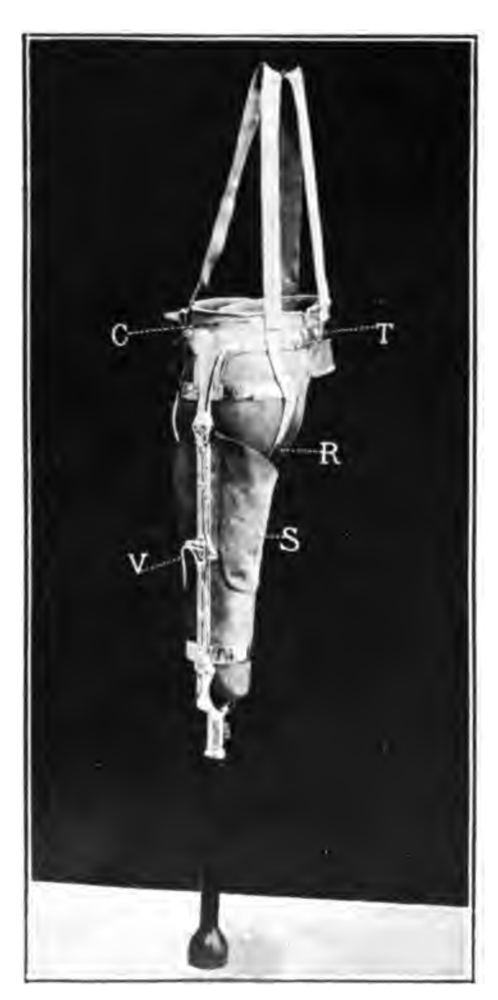


Fig. 87. — Pilon à verrou n° 3, pour désarticulation de hanche.

CXXVI. — *b. Type jambe artificielle.* — Mais c'est à la « jambe artificielle » qu'ont recours la plupart des ouvriers, les employés de bureaux, les personnes exerçant une profession libérale, tous ceux, en un mot, qui doivent sacrifier à l'esthétique et à la montre.

La jambe artificielle, munie d'un pied articulé, rétablit la locomotion (*marche* seulement) dans une mesure à *peu près* normale, tout à fait si le sujet est amputé bas au-dessous du

genou, et s'il n'existe pas d'ankylose à cette articulation importante.

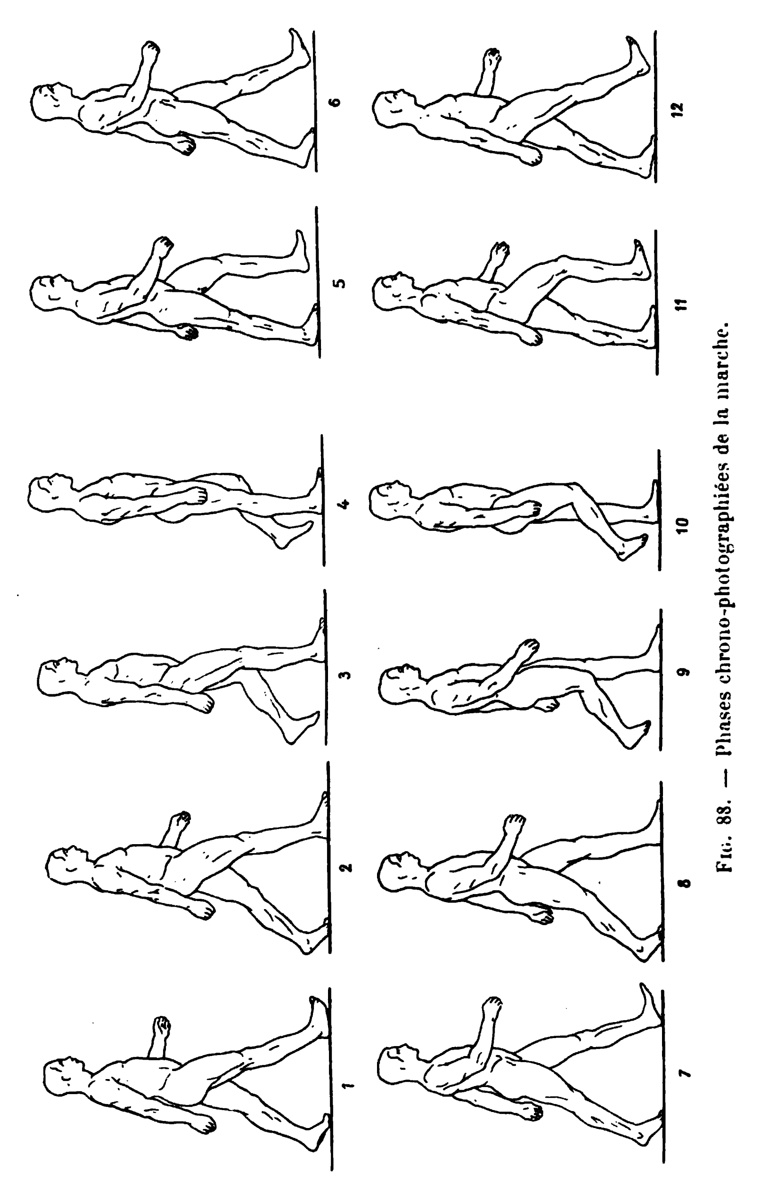


FIG. 88. — Phases chrono-photographiées de la marche.

Il faut rappeler brièvement les *données expérimentales* de

la marche [1] pour éclairer tout le problème de la prothèse des jambes.

Les phases du pas sont expliquées par la figure 88 ; la jambe *portante* forme avec le pied un angle de 90°, qui peut augmenter de 20 à 25°, mais rarement diminue. L'articulation *tibio-tarsienne* d'une jambe artificielle doit donc autoriser une excursion moyenne de 20°, au delà de l'angle droit, mais non pas en deçà. Elle est, d'autre part, sur le sujet vu de face, en arrière de l'articulation du genou, et celle-ci à 1 centimètre en arrière de l'articulation coxo-fémorale; la cuisse a donc une direction antéro-postérieure oblique, et la ligne de gravité du corps passe en avant de la tibio-tarsienne, empêchant le *fléchissement aux genoux*. La contraction du quadriceps produit ce même effet. Il faut, par conséquent, donner à la charnière du genou l'amplitude nécessaire pour marcher en terrain plat, s'élever sur un escalier, s'asseoir, mais tâcher d'éviter la tendance aux flexions brusques, cause de chutes. La marche ne saurait être une série d'oscillations du membre artificiel, par impulsions périodiques du moignon. On sait également que les segments cuisse et jambe forment un angle inférieur à 180°, et que, dans la phase d'impulsion du pas, la jambe arrière quitte le sol étant fléchie à 160° environ.

J'ajouterai enfin ce détail important, que le pied doit être tourné de *15° en dehors* et relevé légèrement quant à son *bord interne*. On évitera, par là, les *démarches défectueuses* et les oscillations latérales du corps.

De nombreux modèles de jambes, faites en cuir ou en bois, ont essayé de reproduire tels ou tels des éléments physiologiques de la marche. Il n'en est point de *parfaitement rationnelles*.

Les *modèles américains*, perfectionnés au cours des années qui l'ont suivi la *guerre de Sécession* (1860-1865), ont semblé parfois très avantageux. En réalité, ces appareils sont copiés les uns sur les autres, et demeurent fidèles à des règles

(1) Le développement en a été fourni dans *Le Moteur humain*, p. 440-468.

uniformes de construction qui sont loin d'être satisfaisantes. Le *pied y est trop lourd* et son excursion mal calculée ; le *genou, trop lâche*, manifeste par des chocs l'inertie considérable de la jambe; celle-ci a donc une oscillation brusque, que l'impulsion de l'autre jambe doit corriger, sous peine de ne pas avoir l'*extension nécessaire* du membre dans sa phase d'appui vertical. Et surtout, les *articulations ne sont pas à leur vraie place ;* l'amputé reste donc exposé à une flexion accidentelle des genoux, c'est-à-dire à des chutes.

Ces défauts sont assez graves pour me dispenser d'insister sur l'*insuffisante fixation* par simples bretelles, la mauvaise conformation des cuissards qui n'épousent pas la surface d'appui des moignons, la sonorité du bois qui fait boîte de résonance et sa fragilité.

Locomotion défectueuse, parfois dangereuse, toujours fatigante, c'est ce que j'ai observé sur les mutilés portant des jambes américaines, et parcourant 1.500 à 2.000 mètres à une allure facultative. Il en existe, cependant, qui me paraissent très satisfaisantes.

CXXVII. — **Expertise d'un modèle de jambe ou de pilon.** — La méthode d'observation des appareils de prothèse des membres inférieurs est double. D'un côté, j'enregistre, sur mon *trottoir dynamographique* [1], toutes les phases d'appui et de propulsion, les efforts locomoteurs et les durées élémentaires de l'activité des deux jambes normale et artificielle (*fig.* 89). D'un autre côté, je mesure, au moyen du *compteur à échantillonnage* (p. 75) la dépense d'énergie qu'entraîne le parcours de 1 kilomètre avec un des modèles étudiés.

Disons brièvement que le *trottoir* fournit, pour chacun des deux membres inférieurs, *quatre sortes de forces:* la pression à l'appui, l'impulsion en arrière, les poussées latérales, interne et externe telles que les indique la figure 90. L'appareil est composé de leviers appuyant sur des ressorts calculés, lesquels sont au contact de petites poires en caoutchouc.

[1] *Comptes rendus Académie des Sciences* du 31 juillet 1916, t. CLXIII, p. 130.

Les tracés (*fig.* 91) montrent que les paysans ont, naturel-



Fig. 89. — Expertise d'une jambe sur le Trottoir dynamographique.

lement, une marche assez voisine de celle avec appareil arti-

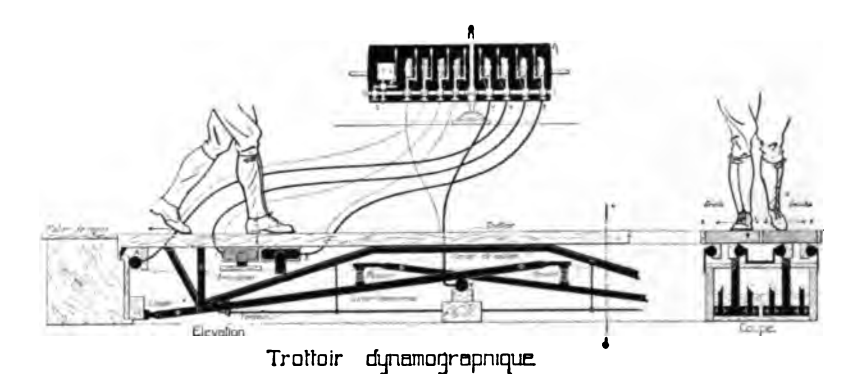


Fig. 90

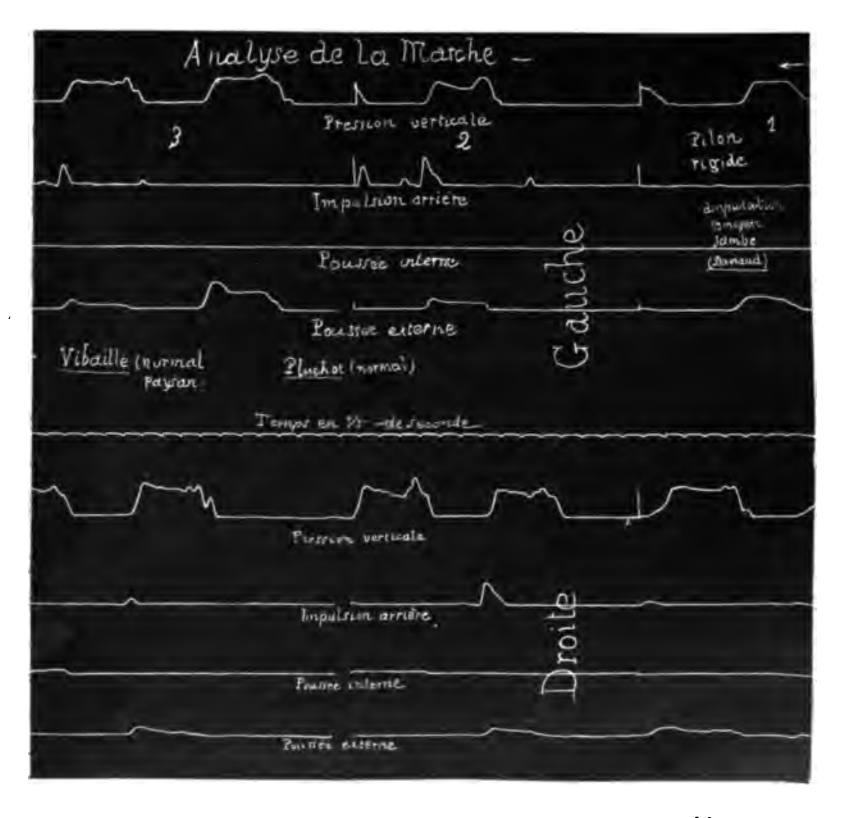


Fig. 91. — Tracés de pas obtenus avec le Trottoir dynamographique.

ficiel ; ils fauchent un peu et négligent l'impulsion en arrière. Tout défaut dans la locomotion, imputable au modèle expertisé, se révèle très nettement sur le graphique. En particulier, si l'amputé appuie beaucoup moins que sur sa jambe saine, c'est qu'il y a une mauvaise application, ou une cause de douleur ou simplement de fatigue. On peut ainsi se prononcer, sans crainte de se tromper, sur la valeur comparative des différents modèles, et sur les progrès obtenus dans leur fabrication.

Analyse fidèle, précise, impartiale, qui peut guider sûrement la technique orthopédique et féconder l'invention.

Le trottoir est également employer pour contrôler les effets de la rééducation fonctionnelle des jambes; il la corrige et accélère.

CXXVIII. — **Réalisation d'un modèle de jambe pour amputation de cuisse.** — Je décrirai, ici, le modèle de jambe artificielle (92, à gauche) actuellement le meilleur.

D'abord, le *cuissard*. Ce sera exactement le cuissard du pilon à verrou, avec ses organes de fixation, ceinture et pièce de hanche, bretelle à double boucle; ses organes de consolidation, deux montants latéraux et deux cercles métalliques. Le *genou* se caractérise par deux articulations à charnière prises, au niveau de l'axe transversal, sur les montants du cuissard et de la jambière. Elles sont fraisées avec point d'arrêt limitant leur course à 85° de flexion. La joue externe provient du montant métallique de la jambe : elle est fixée sur l'autre par boulon et contre-écrou.

Sur l'appareil monté, le centre articulaire du genou doit se trouver à 1 centimètre en arrière de la coxo-fémorale, les montants sont coudés pour donner ce résultat. Le cuissard est modifié inférieurement : la calotte en cuir est échancrée suivant un méridien antéro-postérieur pour laisser passer un tendeur élastique T. Celui-ci a pour but de donner plus ou moins de résistance à la flexion du genou. Il est donc réglable à volonté. A cet effet, une corde à boyau se fixe à

l'intérieur et en avant sur l'embase inférieure des montants du cuissard; elle dépasse de 3 centimètres au moins la hauteur totale de la calotte et vient s'attacher à un ressort à





Cuisse

Jambe (moignon court).

FIG. 92. — Jambes artificielles en cuir.

boudin fait en acier d'une force appropriée. Une courroie, en cuir souple et résistant, percée de plusieurs trous munis d'œillets, termine le dispositif du tracteur. Elle s'engage

dans une petite fenêtre ménagée à la base du mollet dans un prolongement du cercle malléolaire et permet de régler la tension en accrochant tel ou tel des œillets au bouton de la partie antérieure.

L'équilibre élastique du genou est complété par un tracteur T' prenant la face postérieure et s'insérant par rivets solides aux embrasses opposées, inférieure du cuissard et supérieure de la molletière.

Enfin, pour éviter l'affaissement du cuir, on borde l'échancrure de la calotte et le bord supérieur de la molletière d'un ruban d'acier qui en dessine rigoureusement la forme, et rivé par de petits rivets en cuivre.

La *jambière* est une gaine en cuir moulé se rapprochant le plus possible de la forme et des dimensions du mollet sain. Deux montants latéraux de 18 millimètres de large, rivés sur ce cuir, en assurent la rigidité. Ils se terminent en haut par les articulations du genou, et sont alésés à leur extrémité inférieure pour recevoir l'axe d'articulation malléolaire. Un demi-cercle en acier placé postérieurement et un peu au-dessous du genou consolidera les montants et le cuir.

Le pied sera tout en bois, ou avec avant-pied en feutre F, celui-ci collé sur la partie malléolaire. Dans les deux cas, on aura une « malléole bois » articulée à chape ; la partie jambière fournit la chape proprement dite, c'est-à-dire la mortaise, et le pied donne le tenon.

Un axe en acier, recouvert de cuir, traverse l'ensemble de l'articulation et les extrémités inférieures des montants jambiers ; il sera incliné d'avant en arrière et de dedans en dehors pour rejeter le pied extérieurement, à 15° environ d'une direction antéro-postérieure.

La course de la jambe sur le pied est réglée à 90° en avant, pouvant augmenter jusqu'à 110° seulement ; ces limites sont assignées par le travail régulier et souple d'un *ressort* dit « à double effet », formé d'un fil de 4 millimètres. L'avant-pied en feutre donne de la légèreté, et, en outre, une flexibilité qui peut dispenser d'articulation antérieure.

La figure 93 groupe, à côté du modèle qui vient d'être décrit, et dont le poids moyen atteint 3kg,300, des modèles en



Fig. 93. — Modèles de jambes artificielles en bois (celles du milieu) et en cuir (gauche et droite).

bois, soit de construction française, soit américaine. Le pied possède deux articulations, et les butées se produisent sur des tampons en caoutchouc. L'appareil porté par l'amputé est

le plus intéressant. Ce modèle français se caractérise par l'ingéniosité de l'articulation du genou. On y voit un butoir deux fois coudé AB, formé d'une pièce d'acier qui pivote autour d'un axe antérieur situé à la base du cuissard, et qui va buter, d'autre part, à la surface postérieure B de la jambe (*fig.* 94). Il y demeure appuyé grâce à un tracteur T. Ce mécanisme remplit un double rôle : il limite à 180° en avant la position de la cuisse sur la jambe ; il redresse *automatiquement* cette jambe en cas de flexion supérieure à 90°, ce qui supprime toute possibilité de chute.

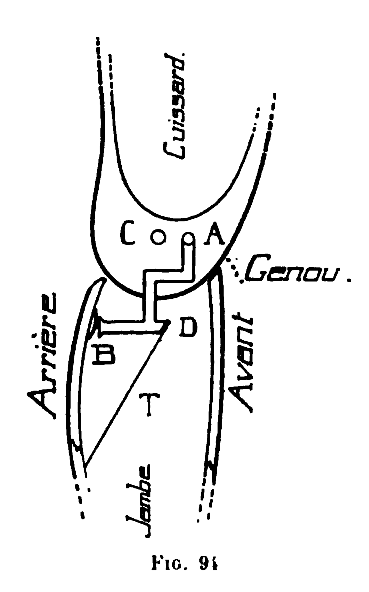


Fig. 94

Au-dessous de 90°, quand on vient, par exemple, à s'asseoir, le tracteur cesse d'agir. Ce résultat dépend, évidemment, de la position de l'axe du butoir, et peut se calculer avec précision.

L'appareil entier, pour amputation de cuisse, pèse 2^{kg},700, et permet une locomotion extrêmement commode.

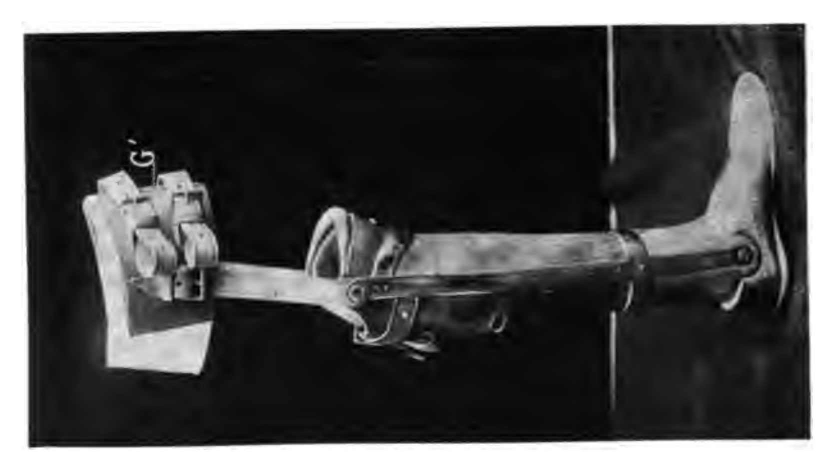
Quoi qu'il en soit, s'agissant d'amputations de cuisse, il s'impose aux orthopédistes de poursuivre la construction de jambes pesant 2 kilogrammes tout au plus. Le *contre-plaquage* ou le *duralumin* sont de nature à donner ce résultat, sans dommage pour la solidité des appareils.

CXXIX. — B. Amputations de jambe. — A tout moignon de jambe supérieur à 7 centimètres, on applique un appareil du modèle des *jambes tibiales* numérotées 1, 2 et 3 ; elles concernent des moignons de longueurs différentes (*fig.* 95), et l'amputation dite *tibio-tarsienne* (*fig.* 96) qui supprime le pied seul. Dans tous ces cas, il faut ménager une échancrure



Jambe tibiale n° 3
amputation tibio-tarsienne.

Fig. 96.



Jambe tibiale n° 2.

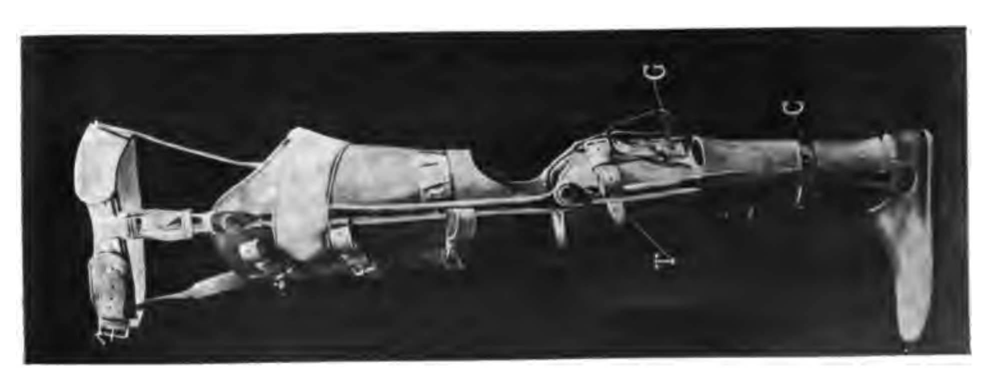


Fig. 95. — Jambe tibiale n° 1.

suffisante à la partie postérieure du genou. La jambière sera en cuir moulé très rigide, doublée de peau de chamois résistante. Le rebord supérieur est rembourré en avant ; il sert d'appui au poids du corps, d'*appui principal*, auquel s'ajoute la pression uniformément répartie sur le moignon ; il se moule, par conséquent, sur les tablettes sous-condyliennes du tibia.

C'est ici qu'un *bon moulage* doit guider le constructeur, et que l'application anatomique de l'appareil demande une grande attention. L'appui portera surtout latéralement, à *la face externe de la jambe ;* à la face interne, il serait douloureux.

Il doit en être de même dans une *amputation de Chopart* [1], qui permet au sujet de poser sur son moignon ; mais les deux surfaces de pression seront harmonisées pour intervenir *simultanément*.

Les moignons de jambe, inférieurs à 7 centimètres, seront fléchis pour marcher sur le genou (voir la figure 92 ci-dessus).

CXXX. — C. Amputations doubles. — Dans les cas d'amputations des deux membres inférieurs, on combinera les appareils suivant les indications précédentes. Toutefois, aux amputés des deux cuisses on donnera *exclusivement* des pilons à verrou, parfaitement et solidement construits, en réduisant de 5 à 10 centimètres, suivant les personnes, la hauteur normale des quillons. Point de sacrifice à l'esthétique ; ils seraient criminels. Les moignons de cuisse, appareillables avec jambes artificielles à articulation libre, sont infiniment rares.

CXXXI. — **Prothèse du membre supérieur.** — Cette prothèse est plus difficile que celle du membre inférieur. Elle fut longtemps négligée; naguère on semblait en désespérer, et les connaisseurs, ceux-là surtout, de sourire à

(1) Amputation qui ne laisse subsister que le talon et l'os astragale.

l'idée de faire travailler les « manchots ». — Les anciennes tentatives, celles de Laurent (xve siècle) dont Paré nous a transmis le nom, celles du Père Sébastien au xviiie siècle, du comte de Beaufort au xixe siècle, ne furent nullement encourageantes. Hugedé, en 1873, n'eut pas plus de succès avec son modèle de bras.



Fig. 97. — Bras de travail en étude, et divers organes de préhension pour outils.

Nous avons donc repris et approfondi le sujet, et constaté qu'il ne présente, à la technique du mécanicien, aucune difficulté insurmontable.

Au moyen d'un *bras expérimental* (*fig.* 97), avec articulation sphérique, se bloquant à volonté, pour remplacer le poignet ; avec tige d'acier comme avant-bras, et un organe de fixation thoracique, toutes pièces modifiables et réglables à volonté, nous avons pu étudier et construire le *véritable bras*

de travail pour les métiers de force, simple, robuste, pratique (1).

D'autre part, un habile orthopédiste, M. Cauet, a entrepris, sous notre direction, des recherches qui nous ont permis de constituer un *bras mécanique, à commande entièrement automatique ;* il convient aux professions dites libérales.

Ces deux modèles, bras de travail et bras mécanique, peuvent s'adapter à toutes les amputations de membre supérieur. Ils offrent l'avantage d'une construction rapide, suivant un type défini une fois pour toutes, si bien que les modèles se répètent avec de légères variantes (2).

CXXXII. — A. Amputations de bras. — a) *Bras de travail Amar.* — Le modèle dit *bras de travail Amar* convient à toutes les amputations laissant un moignon supérieur à 5 centimètres, à partir du niveau de l'aisselle. Il comprend : organe de fixation; gaine brachiale; avant-bras métallique; pince et anneau universels, crochet, main de parade.

L'*organe de fixation* est constitué par une partie scapulaire et une partie thoracique (*fig.* 98).

La *partie scapulaire* sera formée d'une plaque de cuir moulé et doublé intérieurement de peau fine et résistante (agneau ou chamois). Elle devra descendre jusqu'au niveau supérieur de l'aisselle, et recouvrir l'épaule sur une largeur de 8 à 10 centimètres, en venant au contact de la voûte acromiale sans la déborder. La *partie thoracique* a pour but de maintenir solidement la précédente. C'est une ceinture de cuir, en veau souple ou en tissu inextensible, large de 4 centimètres, et fixée à ses deux extrémités par des rivets tubulaires aux extrémités de la plaque d'épaule. Elle entoure le thorax en passant sous l'aisselle opposée où elle se recouvre d'un manchon mobile, en peau d'agneau ou de chamois rembourrée, long de 20 centimètres. Dans sa portion

(1) *Journal de Physiologie*, p. 860 ; 1915.
(2) Jules Amar, *Comptes rendus Acad. Sciences*, du 13 mars 1916, t. CLXII, p. 401.

dorsale, la ceinture comprend un segment en fort tissu élastique de 6 centimètres (tissu Barrère); et en avant, elle

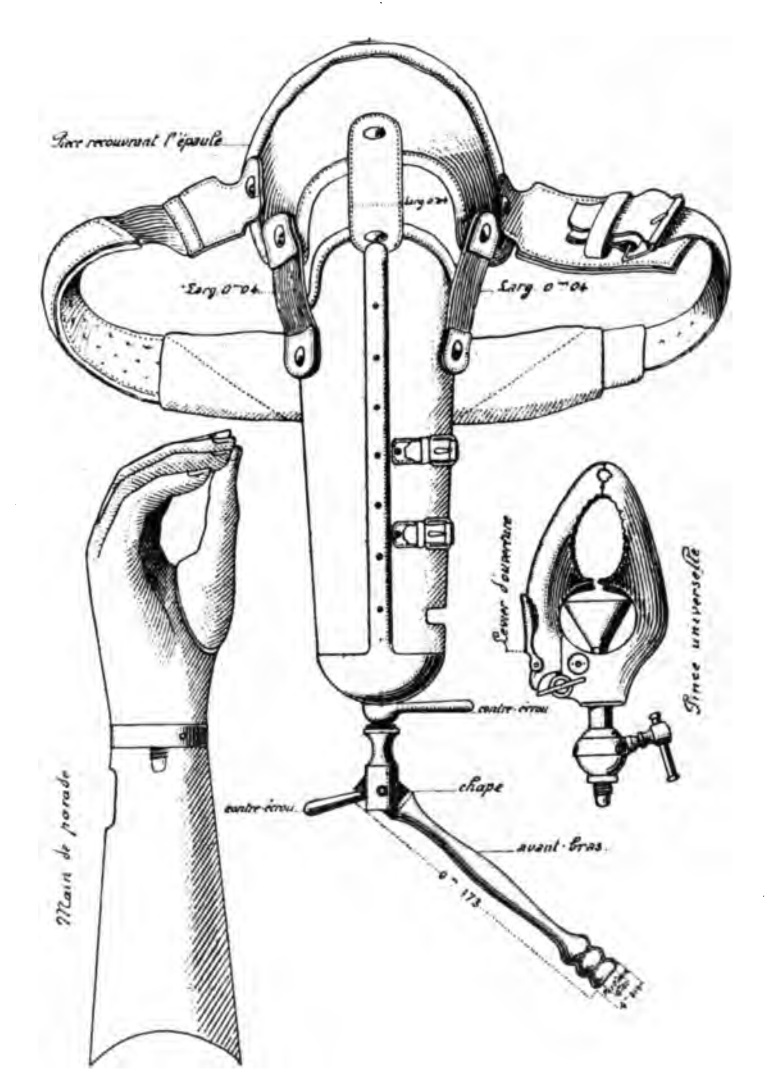


FIG. 98. — Bras de travail Amar avec main de parade et pince universelle.

vient s'attacher par une boucle nickelée (de préférence sans ardillons).

La *gaine brachiale* est en cuir moulé, le plus rigide possible, et doublée de peau souple; elle est fendue en avant, les bords découvrant une bande de laçure en veau souple mince ; la fermeture est assurée par des courroies cousues et rivées et de petites boucles. Elle possède une armature métallique, formée d'une cupule en tôle d'acier de 2^{mm},3 d'épaisseur, enserrant la base, et qui se prolonge par deux montants, externe et interne, le tout étant embouti d'une seule pièce. Les montants sont rivés solidement au cuir (rivets en cuivre).

La cupule possède un noyau central en acier et brasé ; il est alésé pour un taraudage au *pas international* (10 millimètres et 1 millimètre et demi).

Le bord externe de la gaine sera convexe (à grand rayon) et montant; le bord interne, légèrement échancré à l'aisselle.

L'articulation de cette gaine à l'épaule sera formée de trois pattes fixées par rivets tubulaires : une patte acromiale, en cuir souple, qui remonte et maintient tout l'appareil; une patte dorsale longue et en fort tissu élastique, donnant un allongement de 4 centimètres; une patte antérieure en cuir souple ou même en tissu élastique.

L'ensemble de l'appareil brachial sera plus court que le bras sain, pour permettre d'adapter une pièce d'acier articulée à l'avant-bras, à moins qu'il ne s'agisse d'une *désarticulation du coude*.

CXXXIII. — L'*avant-bras métallique* est formé d'une tige d'acier pesant 175 à 180 grammes de l'articulation à l'extrémité libre; sa forme garantit une grande résistance sous une petite masse.

Elle s'articule à chape avec une partie filetée au pas de la cupule, et cette chape se commande par une manette du côté externe du bras. Un contre-écrou permet de placer la tige dans tous les plans, tandis que la charnière du coude assure tous les angles de flexion entre 180 et 45°.

L'extrémité libre de l'avant-bras est percée et taraudée au pas sus-indiqué, pour recevoir les organes suivants : *pince* et *anneau universels*, *crochet*, *main de parade*.

La pince est en bronze ou en tôle emboutie ; elle a la forme des pinces d'écrevisse. Ses caractéristiques sont : une *rotule* ou articulation sphérique, pour lui imprimer des mouvements dans toutes les directions, et, si l'on veut, la fixer dans l'une d'elles grâce à une petite manette ; un *excentrique* pour assurer la fermeture robuste des mâchoires, lesquelles s'ouvrent par une *commande automatique* grâce à un petit levier que l'on rabat ensuite (voir la figure). Les bouts de la pince permettent de saisir tous les objets et outils ; ceux qui ont un manche viennent s'appuyer au fond d'un entonnoir spécial et y demeurent immuablement.

La pince seule suffit à la grande majorité des besoins professionnels. Mais on peut y adjoindre l'anneau A (*fig.* 99). Celui-ci comprend une tête en acier, avec partie filetée au pas international, et que l'on perce suivant deux axes rectangulaires, dont un en bout. C'est dans ces trous que l'on introduit la tige de l'anneau en la fixant au moyen d'une manette ; elle porte une petite gorge pour être à même de tourner *librement*. Le crochet B est suffisamment expliqué par la figure ; on l'adapte à la même tête que l'anneau. Pince, anneau et crochet seront nickelés.

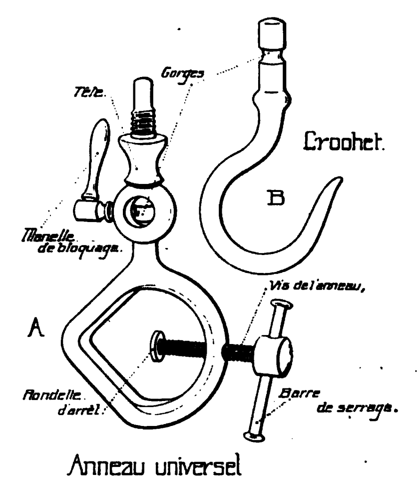


FIG. 99.

Enfin, la *main de parade* sera en bois (tilleul) et de forme élégante, aussi semblable que possible à la main saine, les doigts demi-fléchis et rigides, fendus dans leur

longueur d'avant en arrière et munis d'un flipot de bois à fibres longitudinales pour en augmenter la résistance. Le pouce est articulé et opposé à l'index et au médius réunis. La pulpe de ces trois doigts sera fraisée et garnie d'une pastille de caoutchouc. Au centre du poignet se fixe une tige filetée au pas ci-dessus pour adapter la main à l'avant-bras. Et autour du poignet, on applique, au moyen d'une bague nickelée et vissée, la partie inférieure d'*une gaine de cuir rigide* fermée, qui enveloppe l'avant-bras jusqu'au niveau du coude où elle est échancrée pour dégager la manette. Une petite échancrure à la base de la gaine permet de voir le têton qui doit se visser dans l'avant-bras.

Toutes les pièces filetées auront une *entrée lisse*, correspondant à trois pas, pour éviter au mutilé la peine de tâtonner, et économiser son temps.

CXXXIV. — b) *Cas d'amputations très hautes ou de désarticulation de bras.* — Si l'on est en présence de moignons inférieurs à 5 centimètres à partir du niveau de l'aisselle, ou de désarticulation de bras, on procédera comme suit :

Dans le premier cas, le modèle sera le *bras de parade n° 1*. Il permet d'utiliser encore, bien que dans une très faible mesure, le petit moignon *mobile* du bras et la puissance musculaire de l'épaule.

Ce qui le caractérise, c'est son *organe de fixation*, formé d'un gilet en fort tissu perforé (peau de diable, par exemple), avec des œillets en celluloïd, parfaitement ajusté à la cage thoracique, et se laçant arrière et avant; épaulière en cuir souple d'un côté, pour porter l'appareil, contre-appui de cuir rembourré à l'aisselle opposée; on évitera de trop le décolleter pour ne pas donner de jeu (*fig.* 100, A).

On peut, suivant les circonstances, faire le gilet différemment : la *moitié* sera en cuir moulé sur le thorax et l'épaule intéressée, avec une doublure en peau de diable, d'agneau ou de chamois. De nombreux trous d'aération seront pratiqués sur toute la surface du cuir, et une armature métallique

en acier de 10 millimètres de large le bordera extérieurement. La seconde moitié du gilet sera en *coutil* très résistant, avec un bourrelet sous-axillaire B.

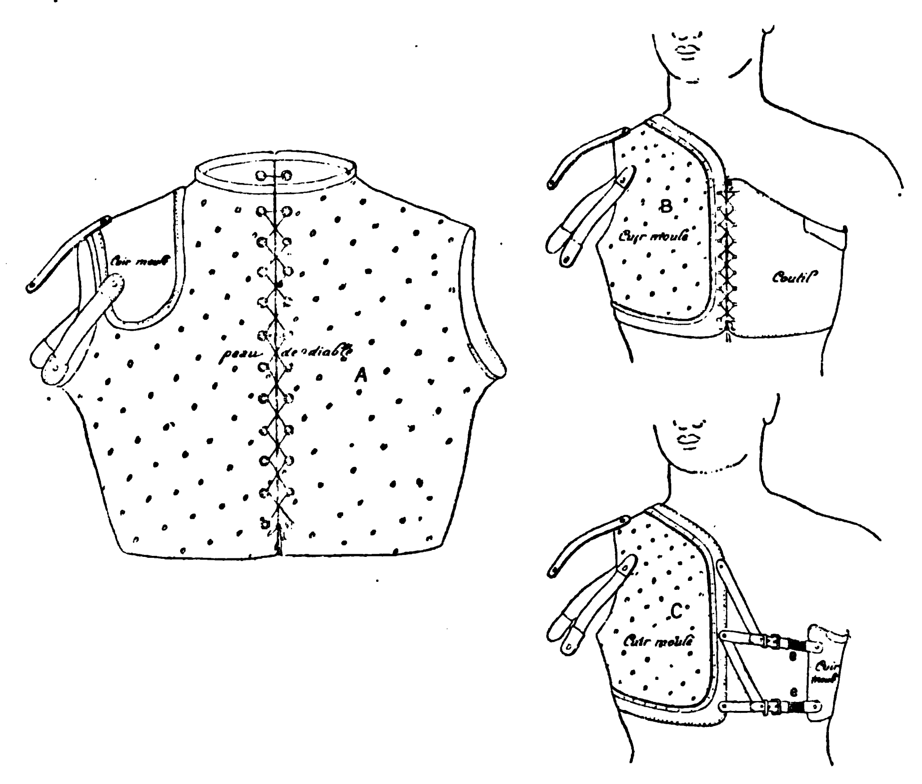


Fig. 100. — Gilets pour amputations hautes de bras.

Un dernier dispositif est enfin laissé au choix du blessé. Il consiste à réunir le demi-corselet de cuir perforé à un large contre-appui de cuir rembourré placé sous l'aisselle opposée. La jonction des deux pièces est assurée par des courroies conjuguées suivant le modèle C, et rivées à leurs extrémités; elles auront un segment élastique. Ce modèle me paraît le plus avantageux.

La gaine brachiale est entièrement fermée; elle atteint le sommet de l'acromion d'une part, le niveau de l'aisselle

de l'autre, et se trouve maintenue dans cette position par les trois pattes déjà décrites avec le bras de travail ; mais celles-ci seront courtes pour ne pas donner trop de jeu à l'appareil. Enfin la tige d'avant-bras aura des dimensions plus réduites, sauf en longueur. L'organe de fixation sera modifié si l'épaule est ankylosée ; il ne formera plus qu'une seule pièce avec la gaine brachiale, mais pièce parfaitement moulée, couvrant la partie moyenne de la clavicule et de l'épine de l'omoplate, et présentant une échancrure au niveau de l'aisselle.

Dans le second cas, celui d'une *désarticulation d'épaule*, le modèle sera le *bras de parade n° 2*, dont la caractéristique est que le gilet fait place à un *demi-corselet en cuir moulé* et armé de bandes d'acier suivant la disposition B (de la figure 100) ; on complète conformément aux types de gilet à courroie ou à demi-corselet en coutil. Le cuir est moulé en calotte simulant une épaule, calotte très résistante, au besoin armée de bandes d'acier, pour protéger efficacement le moignon. On y rattache le bras au moyen d'une articulation à charnière démontable, par le jeu de griffes renversées ou d'une clavette. Une large échancrure, bordée d'un ruban d'acier rivé au cuir, permet au bras de s'appliquer à la calotte. Le montant externe de la gaine brachiale est donc prolongé de façon à rejoindre la bande d'acier acromiale, après s'être articulé une première fois au niveau de l'axe transversal de l'épaulière. Une vis et un arrêt limitent l'oscillation du bras à 45° en avant, et 20° en arrière, ce qui suffit à son usage esthétique.

Quant à la charnière, elle est située au sommet de l'acromion et son excursion élève le bras à 90° ; on doit lui donner de 20 à 25 millimètres de large. Le mutilé conserve ainsi la possibilité de retirer le bras de parade tout en protégeant son épaule contre les chocs possibles.

CXXXV. — B. Amputations d'avant-bras. — Il y a deux cas à considérer suivant la longueur du moignon.

a) *Moignons supérieurs à 6 centimètres à partir du pli de flexion du coude.* — Le modèle sera l'*avant-bras de travail*, dans lequel la gaine brachiale est fortement échancrée au voisinage du coude (*fig.* 101), avec montants dessinant parfai-

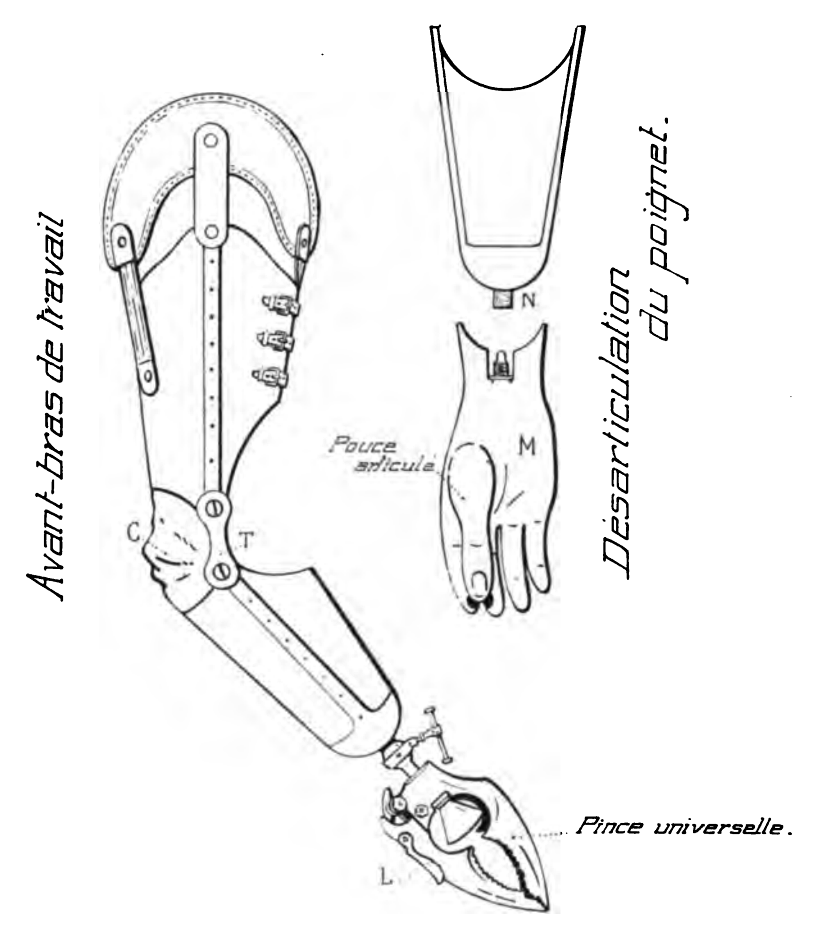


Fig. 101. — Avant-bras de travail Amar.

tement la légère bi-concavité du bras. Aux extrémités de ces montants et de ceux de la gaine d'avant-bras on fixe, par vis à portée et rondelles d'acier, deux lanières de cuir souple T en forme de 8, étroites et longues, pour permettre toute

la pronation et la supination dont le moignon est capable. Un morceau de peau de diable ou de peau de chien C couvrant le coude est, enfin, cousu aux bords postérieurs et opposés des deux gaines, laissant le jeu nécessaire à une flexion au coude de 50°. Et la gaine d'avant-bras est très adhérente, et fermée pour les courts moignons; pour tous les autres, elle a un laçage antérieur ou des boucles.

Échancrée au niveau du coude, elle doit permettre toute la flexion possible.

On la termine par cupule et tige d'acier, à condition que la longueur de celle-ci n'ait pas moins de 8 centimètres, sinon la gaine sera prolongée jusqu'au poignet. Lorsqu'il s'agit d'une ***désarticulation du poignet***, le noyau central N de la cupule sera brasé en dehors au lieu de l'être en dedans. On tiendra compte de ce fait dans la construction de la main de parade M, qui sera creusée au niveau du carpe pour y loger la vis correspondant à l'écrou de la cupule.

Le principe de toutes ces dispositions est de mettre la cupule au contact du moignon pour en utiliser la sensibilité au profit de l'adresse des mouvements.

CXXXVI. — b) ***Moignons d'avant-bras de 4 à 6 centimètres.*** — Les courts moignons d'avant-bras sont généralement un obstacle très grand pour la prothèse. Le dispositif suivant, dit ***avant-bras bascule***, résout la difficulté. Voici les particularités qui le distinguent du modèle précédent.

Les montants de la ***gaine branchiale*** se terminent par des bouts renforcés et forgés formant charnière avec les branches d'un ***étrier*** (***fig.*** 102, E); les axes sont rigoureusement sur l'axe transversal du coude, lequel est incliné de dehors en dedans et de haut en bas d'environ 10°. Il est essentiel de tenir compte de cette inclinaison. Un anneau en fer C (un fil de 6 millimètres de diamètre) embrasse tout le moignon, à 3 centimètres du pli de flexion du coude, et peut tourner autour d'un de ses diamètres. L'arc postérieur de l'anneau est recouvert de peau de chien cousue, d'autre part, à la gaine brachiale, et

qui doit permettre la flexion la plus grande du moignon (D). Un fort tracteur élastique, placé à la partie antérieure de l'anneau, et fixé sur la gaine à l'aide d'une fourche en cuir, ramène l'anneau à sa première position et empêche le moignon

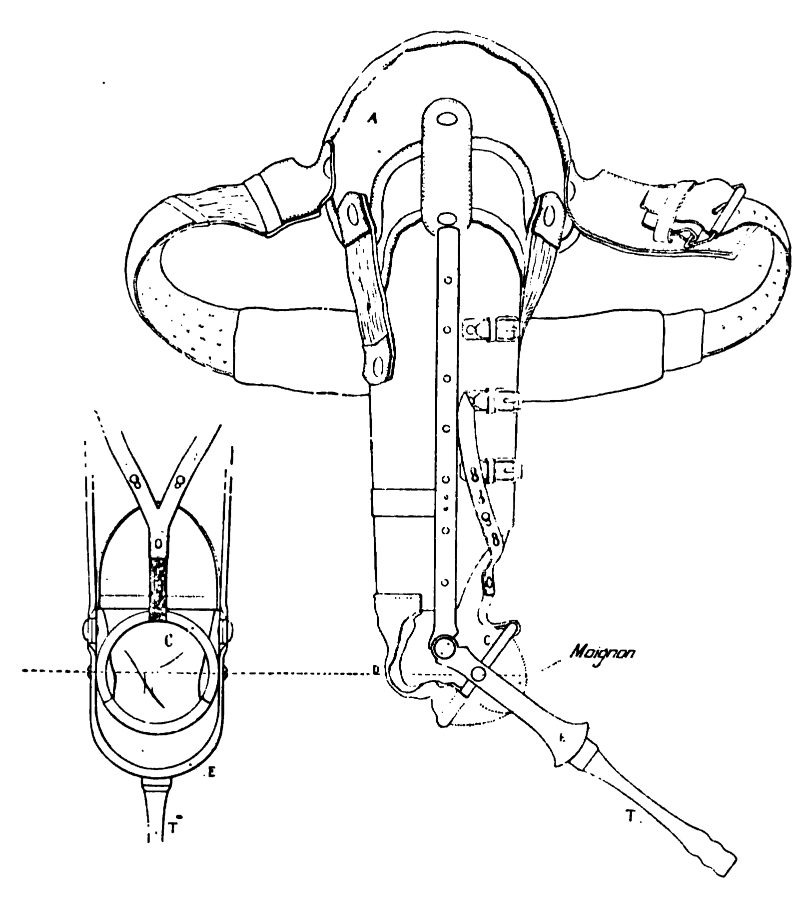


Fig. 102. — Avant-bras bascule Amar.

d'échapper. Tout cet ensemble constitue une véritable *cubitière*. Sur l'axe du coude est monté l'étrier, dont le cintre réalise un maximum de résistance; le moignon le commande par l'anneau, et lui fait faire la flexion et l'extension possibles. Il est d'une seule pièce, en acier forgé, ayant

au moins 12 millimètres de large et 2^{mm},3 d'épaisseur. Les articulations permettent une flexion à 75° ; ce sont des charnières montées avec boulons et écrous.

Au milieu du cintre de l'étrier, on rapportera une partie brasée, percée et taraudée au pas international pour recevoir la tige d'avant-bras T, longue seulement de *10 centimètres*, et d'épaisseur égale à celle des bras de parade.

Tous les modèles qui viennent d'être décrits sont parfaitement pratiques et d'une résistance éprouvée. Ils s'harmonisent si bien avec les besoins professionnels, que, depuis deux années d'expériences, aucune modification n'a paru s'imposer.

CXXXVII. — **Appareils divers.** — Avant d'examiner les modèles de *bras méaniques Cauet*, réservés plus spécialement aux professions libérales, nous devons signaler certains dispositifs qui ont semblé offrir quelques avantages pour le travail ouvrier.

En France, c'est le type de la *pince universelle* qui a inspiré les inventeurs. On a préconisé un modèle avec *cardan*, très mobile assurément, mais impropre à l'exercice des grands efforts; il ne présente pas un réel progrès sur le simple *anneau universel*, dont la gorge donne précisément la mobilité qu'exigent les instruments de labour, et en plus la force. La pince à cardan est un organe *spécialisé*; ce n'est nullement le but de la prothèse, qui doit, au contraire, réduire au minimum le nombre des organes spéciaux de travail.

Dans ce défaut sont tombés plusieurs autres inventeurs, qui, après examen de telle ou telle opération professionnelle, se sont ingéniés — non sans mérite d'ailleurs — à constituer une série d'*instruments adéquats*. Le même mutilé serait obligé, dans ces conditions, de monter sur son membre artificiel tantôt un porte-lime, tantôt un porte-burin, etc.; gaspillage de temps et mauvaise adaptation du moignon, dont il importe d'éviter les inconvénients à tous les blessés en quête d'une place.

Et l'on reconnaît, en outre, que si l'exécution de certains mouvements est correcte, avec un de ces organes spécialisés, d'autres sont faussés, à raison du manque de synergie dont la spécialisation est cause.

Il ne faut pas viser, non plus, à toujours transformer le bras artificiel en *appareil de soutien*, et à en compliquer le fonctionnement. L'exemple de la *main magnétique* [1] est, à cet égard, des plus édifiants. Elle consiste en un véritable électro-aimant dont la forme change suivant l'outil à saisir (tenailles, pince, burin, lime). Dans le cas du travail à la lime, l'électro a l'aspect d'un pot, rattaché par un manchon à l'avant-bras,

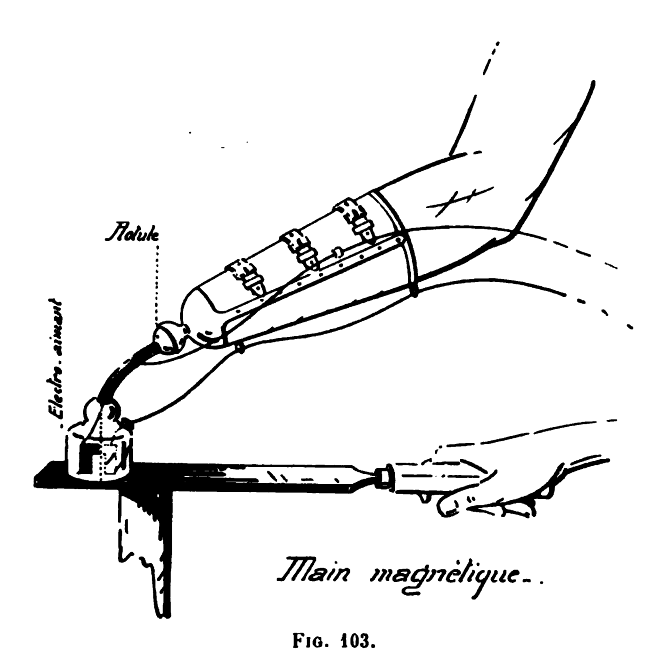


Fig. 103.

et mobile sur rotule (*fig.* 103). Les pôles reçoivent le courant d'une batterie électrique portative, ou de l'installation même de l'usine ; il est lancé ou interrompu par la commande de l'autre bras ou du pied.

(1) *The Electrical Review*, du 14 janvier 1916.

On imagine bien ce qu'une telle disposition a d'encombrant, malgré ses apparences de souplesse; il y a, aussi, à compter avec l'*inertie magnétique*, les tâtonnements pour poser l'électro-aimant, l'obligation de munir tous les outils de parties en fer, et l'adaptation difficile du sujet à combiner ses gestes avec les interruptions et les reprises du courant. Il y a lieu d'ajouter la dépense d'énergie électrique, très onéreuse pour l'industriel.

En Allemagne, on semble s'être rapproché d'une prothèse simple et universelle, comme celle dont j'ai défendu ci-dessus les principes, et l'on a poursuivi à la fois la commodité du travail et son bas prix de revient. Telle est, à mon sens, la doctrine vraie.

CXXXVIII. — **Bras mécaniques.** — Les bras mécaniques cherchent à réaliser l'*automatisme* des mouvements, et notamment la *mobilité des doigts*. Ceux-ci sont donc *articulés*. On en a un exemple dans le pouce articulé de la main de parade, quelquefois commandé par une cordelette tirée grâce à l'épaule du côté opposé. Les modèles importants de bras mécaniques sont ceux du type Cauet, dont j'ai longuement étudié le perfectionnement. Aujourd'hui ce sont incontestablement les meilleurs.

L'organe essentiel de ces appareils est la *main*, entièrement *articulée* et *métallique*, sauf aux extrémités où les doigts sont recouverts de liège, de caoutchouc ou de feutre, afin d'amortir les chocs et de créer une adhérence.

Le jeu des articulations est assuré par le mouvement d'un *collier* qui embrasse le thorax, ou de bretelles appliquées aux épaules; ils sont transmis à la main ou à l'avant-bras par câbles d'acier.

Voyons, maintenant, quelques détails de ces bras mécaniques.

a) *Main articulée*. — Elle est composée de deux coquilles limitant une cavité ayant la forme de la main; à l'intérieur se trouve une platine qui porte les doigts, tous montés à

charnière sur un même axe et maintenus en *position fermée* grâce à des ressorts fixés à leur base. Les charnières sont commandées par des leviers ou tendons en acier T passant sur une *came* K. C'est précisément à cette came que le câble

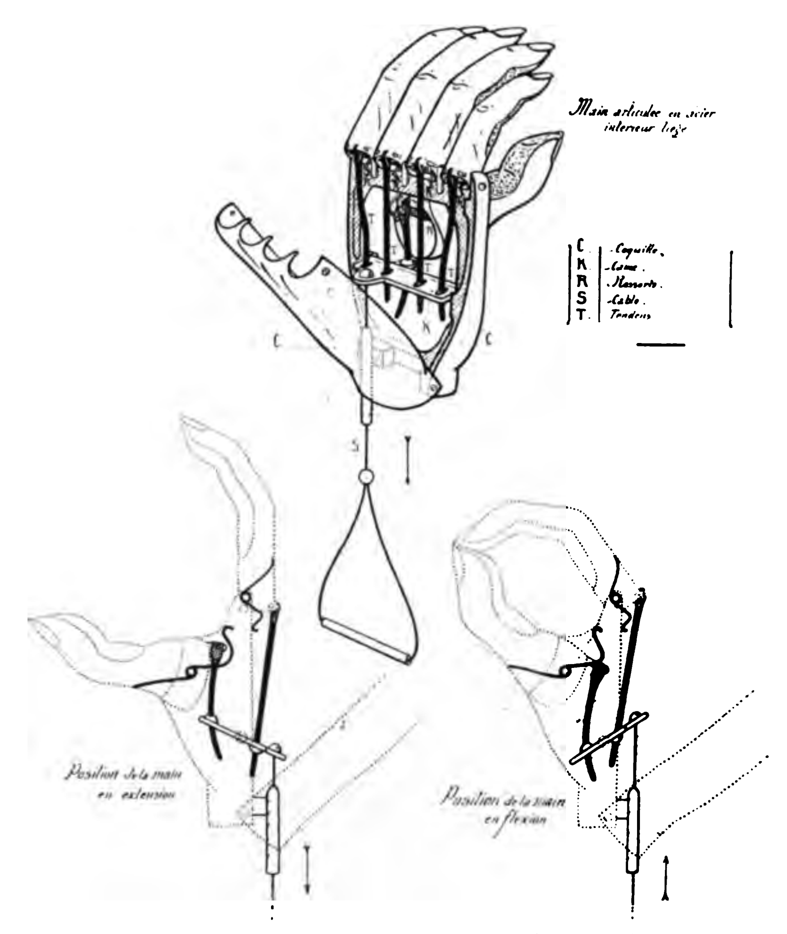


Fig. 104. — Main articulée Cauet (modèle Amar).

d'acier flexible aboutit; il glisse dans un fourreau et va se rattacher au *collier de poitrine* (*fig.* 104).

b) Ce dernier est en cuir, léger à porter, et il comprend une portion élastique, formée de ressorts qui l'appliquent

parfaitement au thorax. On fixe aux deux bouts du collier le câble et le fourreau. Au moment où la poitrine accroît son diamètre, par un effort d'inspiration, le câble agit sur la

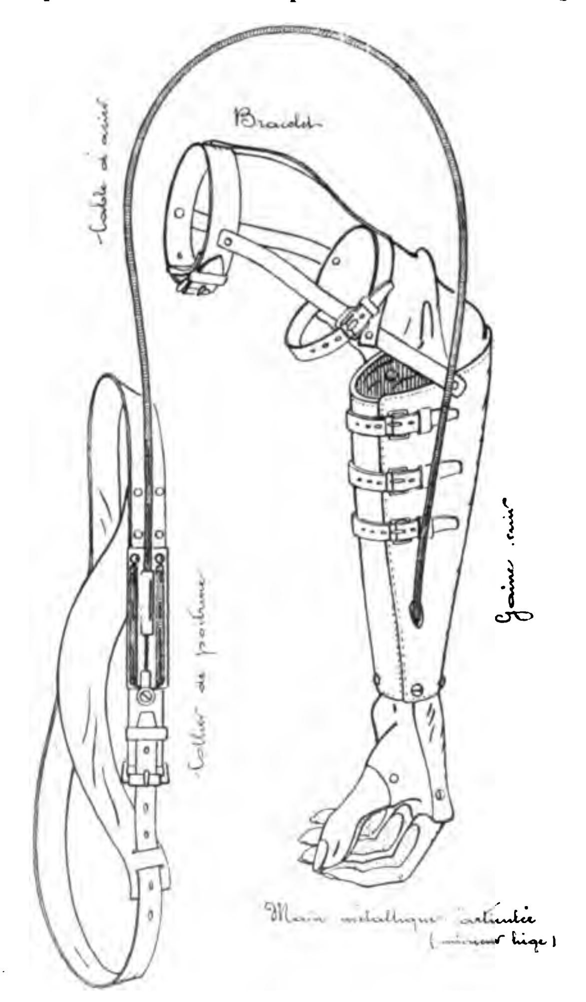


Fig. 105. — Bras mécanique pour amputé d'avant-bras.

came et ouvre les doigts, *progressivement*. Il n'y a donc jamais de mouvements brusques. On peut encore mettre les doigts d'abord en *extension*, et faire agir la came dans le sens opposé.

c) Divers organes, d'une très grande simplicité, permettent

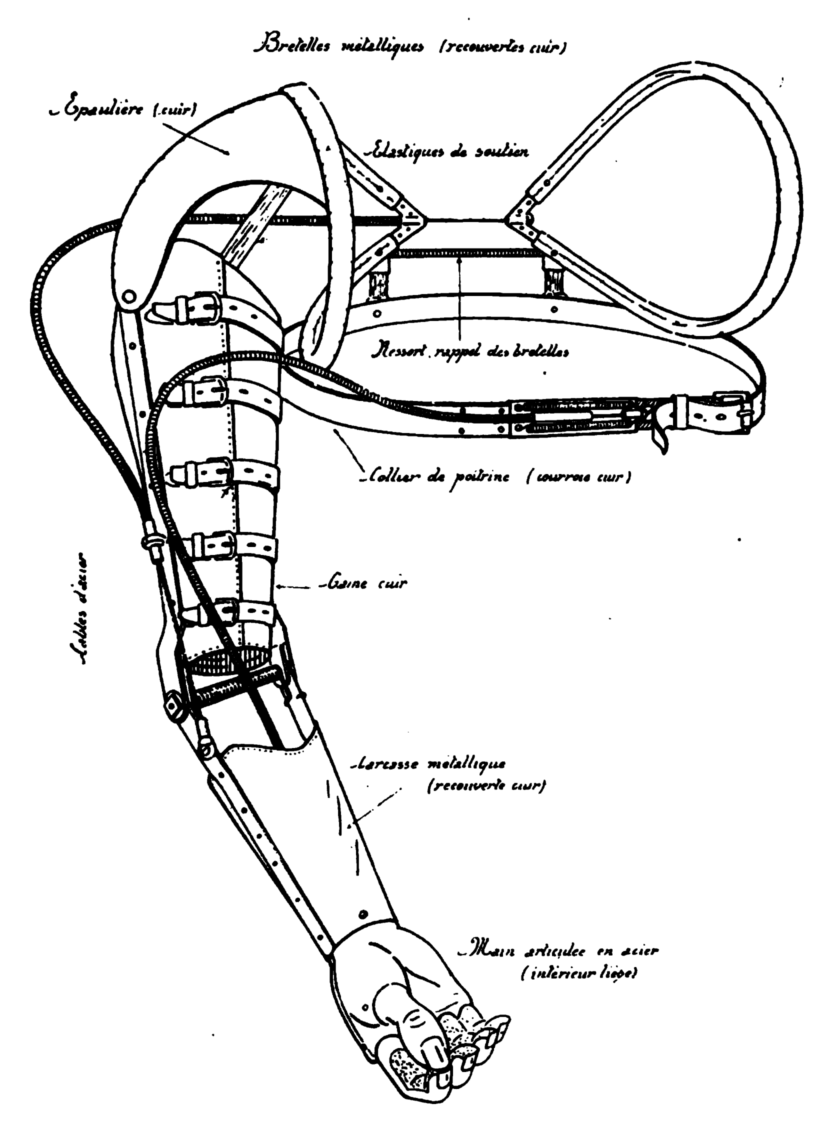


Fig. 106. — Bras mécanique pour amputé de bras.

d'adapter la main articulée non seulement aux amputés d'avant-bras, mais à ceux de bras et aux désarticulés. Dans

ces deux derniers cas, on introduit une commande pour le coude; cette commande est faite par les *épaules* (bretelles en acier) et transmise à l'avant-bras au moyen d'un second

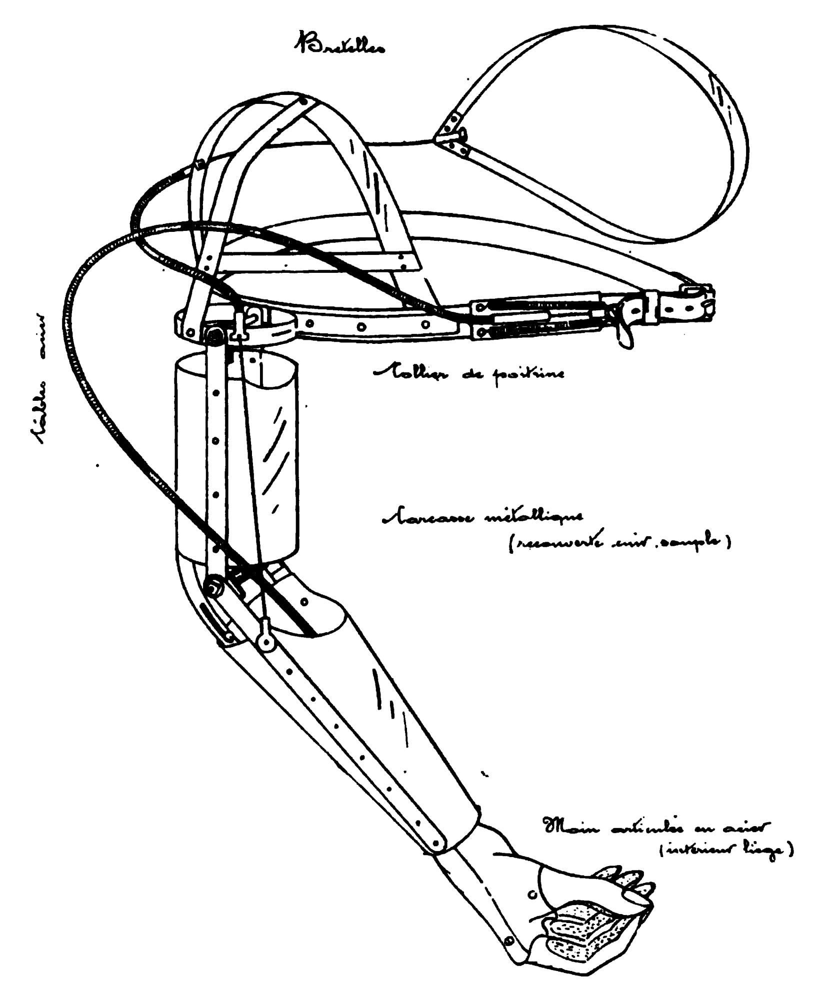


Fig. 107. — Bras mécanique pour désarticulé d'épaule.

câble d'acier. Les organes qui remplacent une partie de l'avant-bras ou du bras, ou tout le membre, sont en feuille d'acier recouverte de cuir, ou seulement en cuir; ils répondent aux indications de l'anatomie et de la physiolo-

gie, sans préjudice des qualités mécaniques, qui restent les plus importantes. Du reste, le bras mécanique peut être combiné avec le bras de travail, en ce sens que la main articulée se monte sur ce dernier bras; on aura, en même temps, l'automatisme des mouvements et la grande résistance du bras de travail (voir les figures 105 à 107, et plus loin).

CXXXIX. — **Usage et qualités.** — Ces bras mécaniques rendent service à toutes les personnes qui ont une profession



Fig. 108. — Amputé dactylographe muni du bras mécanique.

de bureau, et sans fatigue, sans effort de leur part. Ils satisfont à une nécessité supérieure, celle de donner aux désarticulés et amputés des deux bras la possibilité de *saisir les objets* et de faire les menus actes de la vie. Car la main arti-

culée, avec sa coque, sa came et ses tendons, avec ses doigts articulés aux mouvements si nuancés, pèse en tout 300 grammes; reliée, par des organes d'acier, à un avant-bras, elle atteint un poids total de 650 à 700 grammes ; et jamais le bras entier n'excède 1.100 grammes. Elle permet, cependant, de soulever des poids de 7 à 8 kilogrammes entre les doigts fléchis et appuyés au pouce, de prendre avec les



FIG. 109. — Amputé violoniste muni du bras mécanique.

ongles une plume, une épingle, une allumette, de boutonner ses vêtements, de sortir son mouchoir, d'écrire, de feuilleter un livre. L'ouverture de la main est d'environ 95 millimètres à l'extension complète des doigts, sous un effort d'inspiration qui n'a rien de pénible. J'ai même constaté que cette gymnastique respiratoire développe le thorax. D'ailleurs, pour les amputés d'avant-bras, la commande de la main doit se faire par les épaules.

L'éducation qu'exigent les bras mécaniques est très courte ;

en quarante-huit heures, le mutilé s'en sert parfaitement. Et l'on peut, suivant les règles sus-indiquées d'*éducation sensitive du moignon*, le dresser à graduer les efforts qu'exercent les doigts métalliques, à se donner une sensibilité indirecte au toucher. Par quoi nous avons vu gouverner, avec suffisamment d'adresse, le jeu du clavier sur la machine à écrire



FIG. 110. — Officier supérieur amputé et muni du bras mécanique.

ou à calculer (*fig.* 108), et sur le piano, ou encore le jeu d'un archet de violon (*fig.* 109).

De nombreux officiers, amputés très haut d'un bras, ont été appareillés du bras mécanique dans des conditions qui leur ont permis de monter à cheval en tenant fortement les rênes, de saisir la poignée de leur épée et, le plus souvent, de repartir utilement aux armées en campagne (*fig.* 110 et 111).

S'il arrive, parfois, qu'un détail de construction semble de nature à favoriser la force ou le mouvement du blessé, en aucun cas il n'est difficile à trouver et à réaliser. Les bras mécaniques comme les bras de travail conviennent rigoureusement et universellement aux professions pour l'exercice



Fig. 111. — Le même à cheval.

desquelles ils ont été établis. La théorie et l'expérience s'accordent sur ce point ; il est impossible de ne pas le reconnaître.

CXL. — **Autres modèles de bras articulés.** — Le laboratoire de prothèse a eu, néanmoins, différents modèles de bras à expertiser. Dans le court espace que j'ai réservé à la prothèse, dans ce livre de vulgarisation, il me serait difficile de les décrire tous ; c'est pourquoi j'ai seulement insisté sur

ceux dont le mérite a paru incontestable, tant aux essais faits en laboratoire, qu'aux démonstrations pratiques devant les milieux compétents.

Je mentionnerai, de toutes façons, un modèle américain, dont la carcasse est en bois, et les mécanismes orientés dans le sens des efforts de traction, principalement. L'appareil est lourd ; il ne permet pas d'enlever les objets quand la main est dans un plan horizontal, ne serre pas assez, et son prix est élevé.

D'autres modèles ne sont utiles qu'aux amputés d'avant-bras, parce qu'ils se commandent par la flexion du coude. Mais aussi on ne peut plus rien prendre à bras tendus. Et réciproquement, lorsque le levier placé au coude intervient à l'extension.

Il faut dire aussi que la plupart de ces types sont construits en bois, et, par conséquent, fragiles. Ce n'est pas tout que d'obtenir l'automatisme des doigts, si l'on n'a point la force nécessaire à l'exécution des actes où leur rôle est indispensable.

Je néglige, à dessein, de parler des appareils où ce point essentiel a été perdu de vue, comme ceux, par exemple, dans lesquels la main s'ouvre par la rotation d'une plaque de bois formant une seconde paume, rotation qui obéit à la pression d'une petite poire en caoutchouc gonflée par transmission d'air. Absence totale d'esthétique, de réglage, de force, je dirais volontiers de possibilité d'utilisation quelconque.

CXLI. — **Prothèse fonctionnelle.** — On a donné le nom de *prothèse fonctionnelle* à la technique qui aide ou supplée l'exercice d'une fonction musculaire, dans tous les cas d'impotence. La dénomination d'*orthopédie physiologique* serait plus exacte.

Il y a, dans ce genre de prothèse, deux directions différentes : ou bien l'on doit *protéger* le siège de la blessure et *soutenir* un membre définitivement impotent ; — ou bien l'état névro-musculaire est susceptible d'*amélioration* en

raison du rétablissement de la fonction, favorisé par un dispositif mécanique à combiner.

Opération *statique* dans le premier cas, opération *dynamique* dans le second, telles sont les modalités de la prothèse fonctionnelle. Elle est donc diverse quant à ses méthodes ; elle est nombreuse quant à ses applications, parce que les blessures ne se ressemblent pas, les lésions produisent des effets très variés, et, somme toute, il n'y a jamais, dans ce domaine, que des *questions d'espèces*. La mécanique et la physiologie sont ici absolument souveraines. Elles se complètent, et l'on peut ajouter que l'une serait peu de chose sans l'autre.

En principe, les *appareils statiques* se rapprochent du type ordinaire des appareils de prothèse, tout en cuir et articulés ; ce sont des tuteurs, convenant aux fractures des membres, aux *pseudarthroses*, aux affections articulaires et aux ankyloses. Les *appareils dynamiques* utilisent la traction des ressorts ou des bandes élastiques pour corriger et, au besoin, améliorer l'état moteur de la main, de l'avant-bras, de la jambe, du pied. Ils concernent les *lésions paralytiques*, les *résections* du coude, etc.

Il faut que le choix de l'appareil et son mode d'application soient inspirés par la simplicité, la commodité, l'*adaptation au travail*. C'est, par exemple, ce qu'on obtient avec la *gouttière en aluminium pour paralysies radiales ;* une petite plaque redresse la main, tandis que la gouttière enveloppe le poignet et maintient le redressement (*fig.* 112). Il suffit qu'il en soit ainsi pour restituer au membre intéressé la force et le mouvement ; le sujet récupère à peu près toute sa valeur professionnelle (*fig.* 113). Duchenne de Boulogne [1] a particulièrement étudié ce problème des paralysies musculaires de la main et des doigts. Ses modèles d'appareils à traction élastique ont été imités à l'infini. L'invention, dans ces sortes de mécanismes, est devenue presque impossible. Je renver-

[1] *De l'électrisation localisée ;* Paris, 1861 ; 2e édition.

rai, pour cette vieille technique, à l'*Arsenal de Chirurgie contemporaine* (1). Et je ne citerai que pour mémoire des modèles très simples et économiques dus à Privat et Belot.

Toutefois, l'ingéniosité dans l'application est capitale, surtout si elle s'appuie sur les données de la physiologie. La figure 114 représente, à cet égard, un modèle perfectionné



FIG. 112. — Gouttière pour paralysie radiale.

utilisant le principe des bras mécaniques. Le port de l'appareil a rétabli, en l'espace de deux mois et demi, le mouvement normal de la main et du poignet. C'est-à-dire qu'en intervenant de bonne heure, on réussit souvent à enrayer la dégénération nerveuse et l'atrophie.

(1) GAUJOT et SPILLMANN, *Arsenal...*, t. I, p. 602 et suivantes ; Paris, 1867.

Bien rares les circonstances où la prothèse fonctionnelle ne puisse pas aider le blessé à se ***réadapter au travail;*** le médecin et l'orthopédiste ne doivent pas l'oublier. C'est assez pour guider leur expérience.

La France a beaucoup fait, par ses chirurgiens, ses physio-



FIG. 113. — Le même faisant un travail de bureau (comptable).

logistes, ses mécaniciens, pour diminuer l'infortune de ceux que la guerre ou les accidents professionnels ont gravement atteints. Il eût été extraordinaire que, dans ce pays où la prothèse a pris naissance, où de tout temps les chevaliers qui avaient eu les mains emportées par une bombarde venaient redemander, pour ainsi dire, leurs membres à nos spécialistes, petits serruriers et ouvriers en chambre ; il eût

été bien surprenant, dis-je, que l'ingéniosité de nos savants



Fig. 114. — Appareil perfectionné pour paralysie radiale.

et de nos ouvriers ne se fût pas manifestée avec éclat dans un domaine où se rencontrent l'Art, la Science et l'Humanité.

CHAPITRE XII

LA RÉÉDUCATION DES BLESSÉS (Suite)

III. — RÉÉDUCATION PROFESSIONNELLE

CXLII. — **Généralités.** — Rééduqués fonctionnellement, puis dotés de l'appareil prothétique qui remédie à l'impotence, à la petite mutilation de doigts ou à l'amputation, les blessés seront soumis avec fruit à la rééducation professionnelle proprement dite. J'ai déjà dit (§ 102) que, depuis 40 ans, les procédés employés pour cette rééducation ont eu un caractère d'*assistance* incompatible avec l'esprit d'entreprise industrielle qui s'impose. Les Instituts scandinaves, où les enfants *estropiés*, appartenant aux deux sexes, reçoivent un apprentissage sommaire, et travaillent en ateliers privés, ignorant tout des lois de la vie économique, et des conditions de la production, constituent des modèles à ne pas copier quand il s'agit des *soldats*. Car ces derniers sont des *adultes;* ils savent généralement un métier, et sont loin d'être — comme là-bas — des anormaux, des déclassés. Il serait même impardonnable qu'une pareille confusion persistât dans l'esprit de nos organisateurs. Et il serait absolument contraire à la réalité de croire ces soldats blessés impropres à une utilisation industrielle méthodique. Il faut, enfin, les rendre, à peu près tous, à la liberté de disposer d'eux-mêmes et de travailler dans les usines ou les ateliers, à la ville ou

à la campagne, sans que s'exerce sur eux la moindre contrainte.

Voilà pour quelles raisons toute œuvre de rééducation vraie doit recourir à une technique rigoureuse qui *oriente professionnellement* les blessés, évalue et discipline leurs forces, analyse et adapte leurs mouvements aux organes prothétiques et aux outils, en un mot, obtienne le maximum des réserves latentes d'énergie individuelle.

En Allemagne, l'Institut de Munich, avec trois ou quatre cents jeunes gens, réalise un certain progrès sur les œuvres susdites, parce qu'il vise à l'apprentissage régulier; mais l'esprit général n'en est pas très différent. C'est encore de l'assistance pour des enfants. Depuis le début de cette guerre, les Allemands et les Autrichiens se sont efforcés à une organisation plus adéquate aux besoins des mutilés, et qui reproduit celle que je préconise depuis deux ans ([1]). Essayons donc de résumer les éléments de cette rééducation scientifique.

CXLIII. — 1° **Éducation et évaluation des efforts.** — C'est surtout en cette matière que devient décisive l'analyse de tous les facteurs physiologiques et mécaniques du travail.

Au point de vue *physiologique*, on détermine les conditions de vitesse, de force et de durée journalière du travail, pour obtenir le maximum de rendement du blessé. On enregistre *graphiquement* les efforts musculaires pour en apprécier l'intensité, la régularité, la succession dans l'espace et dans le temps.

Cette analyse ne laisse échapper aucune anomalie dont la raison pourrait être une impotence peu apparente, une mauvaise prothèse ou l'inhabileté du sujet. De cet examen circonstancié résultent des enseignements d'une grande *valeur pratique*.

D'abord celui-ci, qu'un moignon de bras, inférieur à 13 centimètres, ne permet pas un travail continu et régulier

([1]) Jules Amar, *Comptes rendus Acad. Sciences*, t. CLX, p. 559, avril 1915.

de quelque durée, s'il n'a pas été rééduqué fonctionnellement au degré voulu. Autrement, la fatigue serait telle que le sujet n'y résisterait pas longtemps. — Un moignon de cuisse, inférieur à 15 centimètres, rend la locomotion pénible pour ceux qui doivent marcher fréquemment en raison de leur travail. Le facteur *fatigue* est capital pour apprécier sûrement les capacités professionnelles des blessés et mutilés, quels que soient les appareils d'orthopédie dont on les a dotés. Faute d'en avoir tenu compte, les amateurs de rééducation ont vu déserter leurs *écoles* — si je puis dire — par ceux qui y étaient venus chercher naïvement des leçons d'avenir.

S'agit-il, ensuite, d'un bras impotent dans l'un quelconque de ses segments, ou même d'un bras prothétique? — L'inscription donnée par l'outil — lime, varlope, marteau — montrera que l'intensité des efforts est diminuée, accusant une incapacité déterminée pour presser ou pousser, et pour gouverner l'outil (*fig.* 115). Dans l'*irrégularité des courbes*, on sent une action musculaire hésitante, mal affermie, d'autant plus que l'on se trouve au début de l'entraînement fonctionnel. Quand cette action, même affaiblie, n'est point bridée par le membre artificiel, les courbes dynamographiques sont toutes *semblables*, le tracé revêt, pour ainsi dire, un caractère *personnel*, *individuel*, auquel se reconnaît le *degré d'incapacité au travail*. En prenant un *tracé moyen*, où se résument les courbes des ouvriers *normaux* exerçant habilement le même métier, et en considérant que des courbes inégales, dissemblables, trahissent la *simulation*, on aura une base scientifique pour *évaluer les incapacités de travail* et *démasquer sûrement les simulateurs*. Tout autre procédé me paraît un leurre.

J'ai toujours souhaité l'introduction, dans les *expertises d'accidents du travail* et la détermination des *pensions de réforme*, d'une technique ayant ce caractère objectif indiscutable. On s'y décidera fatalement.

Toute tentative, de la part d'un impotent, pour augmenter son effort, entraîne un trouble respiratoire, comme le montre la figure.

Vient-on à *étaler les courbes*, en imprimant au cylindre enregistreur une plus grande vitesse ? — On pourra voir plus nettement tous les détails. L'action du bras gauche com-



FIG. 115. — Tracé de la lime en cas d'impotence du bras droit (ablation partielle du cubitus).

mence *avant* celle du bras droit, même en cas d'impotence, et ce dernier remplit une fonction de *soutien*, en particulier quand il est constitué par un membre artificiel (*fig.* 116). La notion d'*orientation des bras* dans le travail résulte de cet

Coup de Lime de Normal

Pression des deux bras

Poussée bras droit

Temps en 1/5 de seconde

Pression bras gauche

Poussée bras gauche.

Fig. 116.

Coup de Lime d'Impotent

Pression des deux bras

Poussée bras droit

adj. Del.
26 ans
ablation du
tiers inférieur
cubitus droit
impotence des
doigts
(en rééducation)

Temps en 1/5 de seconde

Pression bras gauche

Poussée bras gauche

Fig. 116 *bis*. — Ce sujet a même âge et même expérience que le sujet normal

examen, en lequel consiste, précisément, l'appropriation de la prothèse à la rééducation professionnelle. Le membre sain



Fig. 117. — Analyse du travail et de la fatigue d'un amputé de bras.

doit, en général, *gouverner l'outil*, le membre artificiel ou impotent servant de simple soutien (*fig.* 116 *bis*).

Dans le cas des *amputés de bras* (*fig.* 117), on déduit de l'en-

Coup-de Lime
de Normal

Pression des deux bras

Poussée bras droit

Temps en 1/5 de seconde

Pression bras gauche

Poussée bras gauche.

Fig. 116.

Coup de Lime
d'Impotent

Pression des deux bras

Poussée bras droit

adj. Del.
26 ans
ablation du
tiers inférieur
cubitus droit
impotence des
doigts
(en rééducation)

Temps en 1/5 de seconde

Pression bras gauche

Poussée bras gauche

Fig. 116 *bis*. — Ce sujet a même âge et même expérience que le sujet normal

examen, en lequel consiste, précisément, l'appropriation de la prothèse à la rééducation professionnelle. Le membre sain



FIG. 117. — Analyse du travail et de la fatigue d'un amputé de bras.

doit, en général, *gouverner l'outil*, le membre artificiel ou impotent servant de simple soutien (*fig.* 116 *bis*).

Dans le cas des *amputés de bras* (*fig.* 117), on déduit de l'en-



Fig. 120. — Éducation des mouvements au marteau dynamographique.

Mais, dans le cas contraire, il faut *absolument* rééduquer le bras gauche pour lui faire acquérir la force et l'adresse du membre amputé. On y arrive aisément : d'abord, avec la *varlope inscrivante* (*fig.* 119), l'amputé vérifie l'adaptation de son appareil et l'état de ses mouvements, qu'il exerce en force et en précision, augmentant de jour en jour son allure et son effort de travail. Puis, il s'assure que son bras gauche

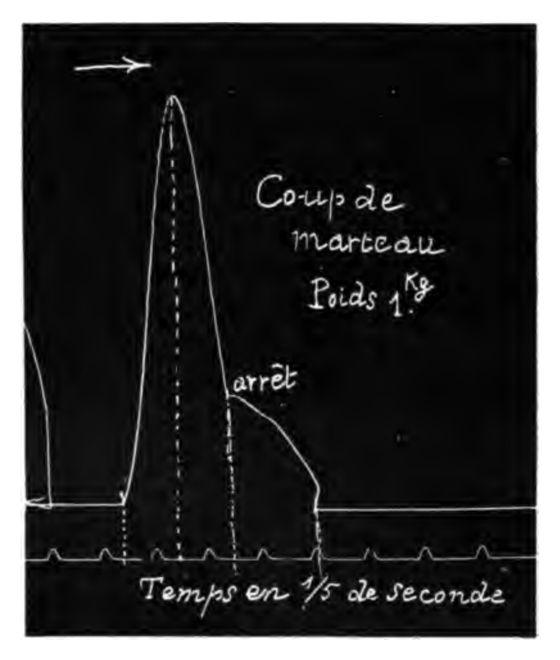


Fig. 121.

arrive à frapper un *coup de marteau* dans un temps très court, et à atteindre un petit morceau de craie placé sur une enclume, malgré l'amplitude du mouvement.

Le *marteau dynamographique* (*fig.* 120) donne l'inscription des éléments qui forment cette *pédagogie physiologique* (*fig.* 121) : l'amplitude du coup de marteau se mesure sur celle de la courbe, la durée t se relève sur le cylindre, la force est exprimée par le produit $\frac{mv}{t}$, m étant la masse du

marteau et v sa vitesse. La course du marteau se mesure d'après la longueur du fil que débite une grande poulie en aluminium ; celle-ci entraîne une petite poulie montée sur le même axe, et commandée par un ressort de rappel (*fig.* 122). La corde, qui va du ressort à la petite poulie, porte l'aiguille inscrivante mobile devant le cylindre enregistreur [1].

On doit, enfin, *habituer la main gauche* à tracer une *ovale* de 25 sur 20 millimètres, et un carré de 25 millimètres, que l'on découpera sur une lame de cuivre. Celle-ci est posée sur le papier, et on côtoie avec une pointe les bords des ouvertures ainsi ménagées. La répétition de ces différents exercices, à une allure croissante, garantit, en 5 ou 6 semaines, la formation de bons gauchers, pouvant travailler, écrire, jouer et dessiner correctement.



FIG. 122. — Marteau inscripteur.

Les mutilés instruits, ou intelligents, acquièrent cette habileté en très peu

[1] La démultiplication des poulies est de 15, de sorte que l'amplitude des courbes, multipliée par 15, donne le parcours du marteau ; on tire de ce parcours et de la durée enregistrée la vitesse v du marteau par seconde. Et comme on a le poids P de cet outil, on calcule la masse m. D'où le produit $\frac{mv}{t}$ ou $\frac{P}{g} \times \frac{v}{t}$ (g étant la valeur de la pesanteur, en moyenne 9,81). On exprimera v en mètres et P en kilogrammes.

de temps. Les cultivateurs sont d'adaptation plus lente, et l'on est obligé d'agir sur leur esprit par des exemples souvent répétés, et par le maniement fréquent des instruments aratoires.

Tout bien considéré, il subsistera une certaine maladresse chez les nouveaux gauchers, assez longue à disparaître, mais beaucoup moins sensible dans les métiers de force que dans ceux d'adresse et de bureaux. La faculté d'adaptation n'en est pas moins souveraine, et tel amputé se servira de ses moignons comme de ses membres entiers. On connaît des exemples prodigieux que nous ne rapporterons pas, vu que de tels phénomènes s'écartent des lois naturelles, dont nous nous préoccupons exclusivement.

CXLV. — 3° **Éducation physiologique.** — Parallèlement à cette série d'observations, il faut en poursuivre dont le but soit l'*examen des échanges respiratoires*, pour en déduire le degré de fatigue. D'une position à une autre du corps ou de l'outil, ou du bras artificiel, il se révèle dans ce genre de mesures, soit un gaspillage d'énergie, soit une économie.

De là de très hauts enseignements pour l'apprentissage et le travail ; une véritable *leçon de choses* pour l'ouvrier qui se plaît à observer et recherche la clarté, mais surtout une garantie contre le surmenage par *essoufflement* ou *dyspnée*.

Je n'insiste pas sur les autres facteurs physiologiques, comme la *taille*, le *poids*, la *force* du blessé, l'état de ses *réflexes* et la vitesse de ses réactions, qu'il est possible d'améliorer. Ces *constantes individuelles guident*, également, le *choix du métier*. On les détermine à la fin de la rééducation fonctionnelle. Si celle-ci n'était pas jugée nécessaire, on ferait état simplement de l'*équation personnelle*, de la *vocation*, des *goûts* du sujet et de sa *profession antérieure*. Un ouvrier qui a servi plusieurs années chez le même patron est réputé ouvrier convenable, de bonne société.

Le *caractère* individuel ne saurait être négligé, car il influe sur le placement. Il révèle, d'ailleurs, un autre aspect de la

vie ouvrière : le souci de la famille. Quand l'entourage, femme et enfants, ne laissent pas à l'homme la tranquillité nécessaire à son labeur, quand la maladie ou la tristesse s'abattent sur le foyer, les sources profondes de l'activité humaine sont empoisonnées. Il y a du désordre dans les actes et dans les pensées. Le caractère en est altéré visiblement, malgré la résistance de la plus ferme volonté.

Le blessé reçoit, par conséquent, une éducation qui règle son effort et sa vitesse, discipline ses mouvements et les adapte à des opérations précises dont tous les détails ont été étudiés. Toute fatigue superflue, tout gaspillage de temps et d'énergie lui sont évités.

Cette économie, l'adresse et l'habileté au travail sont toujours accrues par l'intelligence du sujet qui, si elle n'était pas antérieurement éveillée, le sera par une *instruction théorique* donnée pendant sa rééducation, enseignement qui s'harmonisera avec l'*orientation professionnelle* choisie : notions de mécanique, de dessin, de français, de comptabilité ou encore de chimie agricole, de motoculture, d'économie rurale. Et de l'ensemble des aptitudes reconnues, stimulées, évaluées, on déduit la direction de l'apprentissage ou de la réadaptation, et la *valeur sociale* du blessé, le *facteur humain* étant seul considéré.

CXLVI. — **4° Adaptation de l'outillage.** — Or, à côté de ces aptitudes *physiques* et *morales*, sollicitées et mises, en quelque sorte, à pied d'œuvre, il faut considérer les *facteurs mécaniques* du travail. Ils concernent d'abord la recherche des *mouvements principaux* que nécessite l'exercice d'un métier. Car, généralement, l'ouvrier ne fait que répéter, sans variations importantes, un certain nombre de gestes, dans lesquels les divers segments de ses membres occupent des positions bien déterminées. De cet examen, qui peut être simplifié et rendu aussi exact que possible par la cinématographie, on déduit la *hiérarchie professionnelle* des deux membres, supérieurs ou inférieurs, la prépondérance de l'un

sur l'autre, leur action séparée ou solidaire, l'ordre de leur succession dans le temps, leur trajectoire dans l'espace.

Il n'est pas de base plus voisine de la vérité pour entreprendre la *réadaptation du blessé* et son *orientation* vers tel ou tel métier.

En second lieu, le facteur mécanique vise le *choix des outils*, l'emploi de machines, de moteurs, de dispositions spéciales qui, dans les usines et les ateliers, placeront les mutilés dans des conditions professionnelles favorables à leur bonne utilisation. On se doute bien qu'un perfectionnement mécanique pourrait modifier la commande d'une machine, faciliter l'exécution d'une manœuvre, simplifier les mouvements du mutilé, et par là rendre des services considérables.

Telle opération, qui exigeait l'usage des deux mains, s'effectuerait avec une seule, et occuperait un grand nombre d'amputés de bras. Telle autre, où un petit moteur collabore avec la puissance de l'homme, servira la même cause. Si, par exemple, l'accélérateur d'une voiture automobile est commandé à la main, grâce à un levier convenable, un chauffeur mutilé de jambe pourra conserver son métier. Et on lui donnera une jambe artificielle et non pas un pilon.

Nombreux sont les outils où la substitution mécanique est possible et à très peu de frais. On peut grouper les commandes pour que l'ouvrier n'ait pas à se déplacer, équilibrer le poids de la pièce en œuvre, améliorer les dispositifs de réglage (cas des tours-revolvers, machines à aléser, etc.).

C'est ainsi qu'il m'est arrivé d'adapter au mouvement des manchots l'usage de la *pince perforatrice*, qui sert à poinçonner les tickets de chemin de fer. Au lieu de tenir le ticket d'une main et la pince de l'autre, le manchot suspend l'outil à son veston, par deux boutons de pression, ou par un crochet; un petit ressort retient le ticket; il suffit donc d'actionner le manche libre pour déclancher le poinçon et le composteur (*fig*. 123). Cette transformation revient à quelques sous, et il y a plusieurs milliers de places dans le railway français qui pourraient profiter aux amputés d'un bras,

les ouvriers normaux étant dirigés sur d'autres services.

La Compagnie du P.-L.-M., qui a reçu mes propositions à ce sujet, s'est engagée dans la voie indiquée, soucieuse du bien-être de ces hommes admirables que sont les cheminots français.



Fig. 123. — Amputé contrôlant les tickets de chemins de fer à la pince perforatrice.

De semblables progrès doivent être sans cesse stimulés, s'il le faut, par des *primes*, et poursuivis spécialement dans les choses de l'agriculture. Il en résultera un ***outillage de réadaptation*** dont les mutilés eux-mêmes fourniront les données physiologiques, et qu'il sera nécessaire d'introduire dans la pratique. Il y a, toutefois, à prendre garde à la com-

plication de cet outillage. Lorsqu'on a doté le mutilé de son *bras de travail*, avec la pince et l'anneau universels, il est peu de circonstances où des outils spéciaux lui soient nécessaires : il n'éprouve pas les hésitations et les retards de mise en train qu'un patron, justement soucieux de son temps, serait tenté de lui reprocher.

La multitude d'organes de préhension, en matière de prothèse, est un contre-sens industriel ajouté à un contre-sens physiologique.

Dans les Instituts de Danemark ou de Munich, les estropiés font usage d'instruments de travail adaptés à leurs infirmités. Mais, précisément, là ne comptent ni le temps ni l'argent. Nous sommes bien loin de ce point de vue, du reste fort explicable.

Si j'avais projeté de traiter la question du *travail des aveugles* ou des *amputés doubles*, j'aurais décrit ici l'outillage spécial qui lui convient, dans la majorité des cas, et qui, pour eux, est absolument indispensable. Mais cela m'eût écarté de mon programme actuel.

Je réserverai donc pour la fin un court aperçu sur l'*assistance par le travail.*

CXLVII. — **Avantages de l'organisation scientifique.** — 1° Valeur physiologique du blessé. — Cette méthode d'organisation, dont la rigueur défie le doute, a semblé parfois trop rigoureuse et savante, et a fait craindre des difficultés d'application. Cette crainte, en outre de ce qu'elle a de regrettable pour ceux qui l'ont exprimée, n'est nullement fondée. La méthode scientifique est, au contraire, aussi simple que fidèle. Après une mise en marche qui nécessite quelque attention, les applications sont très rapides. J'ai observé trois mille personnes environ, de tout âge et de toutes conditions, et je n'ai jamais exigé d'elles la moindre sujétion expérimentale désagréable. En moins d'*une heure*, on réunit la plupart des données relatives au blessé, à l'origine et aux suites de sa blessure, à ses aptitudes physiques et psychiques, à sa

DIRECTION

TÉLÉPHONE :

ÉCOLE SUPÉRIEURE

FICHE D'APTITUDE

SUJET N°		APTITUDES PHYSIQUES
Nom		Poids
Prénoms		Taille { Debout (D)
Age		Taille { Assis (A)
Situation militaire		Coefficient thoracique $\left(\frac{A}{D}\right)$
Adresse		Liberté des mouvements
Blessure reçue le	Lieu	
	Cause	
	Région lésée	
		Longueur du membre sain
	Interventions	
		Dimensions du ou des moignons
	Tissus lésés	Puissance musculaire utile
	Complications	
		État physiologique du sujet
	Résultats	
Profession antérieure		Perte de capacité fonctionnelle
Personnes à sa charge	Femme	
	Enfants	Appareil de prothèse approprié
	Parents	

DE RÉÉDUCATION

VILLE DE ....

le .... 19 ..

AU TRAVAIL

APTITUDES PSYCHO-PHYSIOLOGIQUES		APTITUDES PROFESSIONNELLES
Degré d'Instruction	Générale	État du réapprentissage ....
	....	....
	....	....
	....	....
	Technique	Dispositions à observer dans le travail ....
	....	....
	....	....
	....	....
État des réflexes		....
....		....
....		Durée probable de la rééducation ....
....		....
Équation personnelle		....
....		Perte de rendement journalier du sujet ....
Vocation		....
....		....
Goûts		Observations générales ....
....		....
Caractère		....
....		....
Orientation professionnelle qui convient		....
....		....
....		....
....		Signé : *Le Directeur*,

profession antérieure et aux dispositions nouvelles qu'il



Fig. 124. — Cas d'ablation des quatre doigts de la main (menuisier).

accuse, à ses charges de famille. Ces divers éléments, contrôlés avec soin, hors de toute contestation ou simulation

possibles, sont consignés sur un tableau, qui sera la *fiche*



Fig. 125. — Le même, travaillant grâce à des doigts artificiels spéciaux.

d'aptitude au travail (voir tableau ci-dessus). La fiche est *individuelle*. Il n'y manque que l'indication des capacités pro-

fessionnelles résultant du *réapprentissage* ou de la *réadaptation ;* on les y ajoutera plus tard.

Des renseignements de cette nature et suivant cette méthode inspirent confiance ; ils permettent d'orienter l'intéressé ; celui-ci, témoin de plus en plus curieux d'une enquête qu'il comprend, en sort réconforté, et comme déchargé de ce poids obsédant : *le souci de l'avenir*. La science a opéré en lui une transformation morale des plus heureuses qu'il ne cherche pas à dissimuler.

Et non seulement le futur ouvrier ou employé retire de cet examen un réel profit moral, mais il prend conscience de sa *valeur sociale exacte*. L'employeur est guidé lui aussi dans ce domaine insoupçonné où il voit récupérer [des forces qui paraissaient anéanties]; il sent, surtout, qu'elles sont éduquées pour servir avec un maximum de rendement. Du reste, sur la fiche d'aptitude, on mentionne la perte du rendement journalier résultant de la blessure, et évaluée *expérimentalement, d'après un travail enregistré et mesuré*.

CXLVIII. — 2° Rendement de la prothèse. — Dans le cas des mutilés, l'évaluation doit être basée sur la gravité de la mutilation et les ressources de la prothèse. Manque-t-il des phalanges, ou même tous les doigts, le *pouce excepté ?* La diminution de la capacité professionnelle sera de 5 à 15 0/0 suivant les métiers, à la condition de pourvoir habilement aux phalanges qui manquent par des segments prothéthiques [1].

Un menuisier, un petit mécanicien reprennent alors leurs occupations habituelles sans gêne appréciable (*fig.* 124 et 125). D'eux-mêmes, ils réussissent à rééduquer leur sensibilité à la pression, et à corriger les petites maladresses qui signalent, au début, la plupart de leurs mouvements. L'amputation d'*une main* n'oblige que rarement à changer de profession ; de

[1] La perte d'un *pouce* est difficile à compenser ; les Romains dispensaient du service militaire les personnes ainsi mutilées. Toutefois, dans les métiers qui n'exigent pas de grands efforts de serrage ou de pression avec les doigts, la prothèse réussit des pouces artificiels assez pratiques.

même celle d'un *avant-bras* où le moignon dépasse 4 centimètres à partir du pli de flexion du coude. On dispose pour



Fig. 126. — Marbrier sculpteur, muni d'un bras de travail, exerçant sa profession chez lui.

y remédier, soit de l'avant-bras de travail, soit du modèle à bascule. C'est la profession qui décidera du choix, et c'est à

la réadaptation qu'il appartient de faire valoir les ressources en puissance fonctionnelle du mutilé. Celui-ci hésite, se décourage, doute de lui-même. Les faits, clairement et adroitement étalés à ses yeux, lui donnent la volonté d'*essayer*.



Fig. 127. — Ajusteur mécanicien dans l'atelier de son patron.

Or, tout est là. Le mutilé qui veut tenter est déjà près du succès. Je citerai, à cet égard, des professions variées où les blessés — sculpteurs, marbriers (*fig.* 126), ajusteurs (*fig.* 127), relieurs, tailleurs, imprimeurs — ont pu reprendre leur travail, après une courte rééducation ; mais on s'était assuré, au préa-

lable, que leurs forces avaient conservé la valeur nécessaire aux exercices de leurs métiers. L'amputation de *bras* demande une rééducation plus laborieuse, que la méthode scientifique



Fig. 128. — Mauvaise prothèse de travail à la lime.

seule garantit. Toutefois, dans ces grandes amputations, la perte du rendement atteint 15 à 30 0/0, en dépit d'une prothèse supérieure. Lorsque celle-ci est défectueuse, mal com-

prise, ou abandonnée à l'empirisme, le rendement est considérablement réduit. Je trouve, par exemple, que dans une École de rééducation, on fait limer en serrant le manche de la lime dans un *anneau* (*fig.* 128); c'est d'abord une faute de mécanique, attendu que l'anneau ne possède pas l'articulation qui permet — comme avec la *pince universelle* — d'orienter l'outil; ensuite, on n'utilise qu'une fraction de la force du moignon. Des détails semblables, qui ont tous leur importance, démontrent que la rééducation ne saurait être une œuvre de tâtonnements et de hasard.

Quelles idées, du reste, pourraient avoir les instructeurs pour faire l'*orientation professionnelle*, sinon celles que la prothèse en action, la prothèse efficace, leur permet de concevoir sur la *valeur actuelle* de l'amputé et la difficulté du métier? Je noterai ici un cas assez démonstratif. Une œuvre m'adresse un amputé du bras gauche, avec moignon de 9 centimètres. Il s'agit d'un maître d'hôtel, et on me l'envoie pour savoir s'il ne pourrait pas apprendre le *russe* en vue d'être interprète dans un hôtel. Je n'ai pas besoin de décrire la stupeur du blessé quand je lui conseillai de reprendre son métier. Et cependant, il le fit avec succès. Muni d'un bon bras de travail, il réussit aisément à tenir son couteau et à exercer sa virtuosité dans l'art de Vatel. Il en fut de même d'un chef boucher.

Les cultivateurs, amputés de bras, pourvu que le moignon soit supérieur à 12 centimètres, doivent suffire à toutes les fatigues de leur profession. L'anneau universel et le crochet leur sont d'un prix inestimable. Et toujours, ou à peu près, l'organe artificiel servira pour *soutenir* l'outil, ou pour l'appuyer. L'expérience ne me laisse aucun doute en cette matière; mais il faut savoir intéresser et instruire nos paysans. D'autre part, si on est contraint de s'écarter de la profession primitive, la *qualité du travail* s'en ressentira inévitablement. C'est une verité qu'il faut oser affirmer, et qui ne peut pas diminuer les mérites de la *réadaptation scientifique* au travail.

CIL. — 3° Simplicité et rapidité. — A tous ces avantages démontrés de la nouvelle méthode de rééducation, ajoutons le témoignage des ingénieurs et des médecins qui l'appliquent depuis bientôt 18 mois. Un stage de *4 à 5 semaines* dans mon laboratoire leur permit de se familiariser avec la technique des appareils, et les procédés d'examen et d'orientation professionnelle des blessés.

Des nombreux Instituts qu'ils dirigent en France, en Italie, en Angleterre, au Canada, en Russie, je ferai particulièrement état de l'École supérieure de Bordeaux, de celle de Rome, de l'Institut de Milan. Ces établissements sont fréquentés par une moyenne de 75, 80 et 130 amputés, mais fréquentation pour une rééducation *réelle*, dont les résultats sont solides. Le nombre des élèves a tendance à augmenter, et l'on éprouve que la certitude des procédés exerce une influence décisive sur l'enthousiasme des candidats.

Les œuvres dispersées au souffle de l'empirisme, et qui s'efforcent au même but, gaspillent du temps et de l'argent; elles sont condamnées à disparaître, à moins qu'elles ne reviennent, sur un sol mieux préparé, jeter des racines tardives.

Je signalerai, toutefois, les ateliers de réapprentissage pour mutilés des doigts (*fig.* 129); ils sont économiques et faciles à orienter.

En attendant, le *système scientifique* a fait ses preuves que nous pourrions caractériser ainsi :

Rapidité et efficacité pour rééduquer impotents et mutilés; garantie relativement à leur endurance au travail, à leur utilisation rationnelle, à leur moral; sincérité des informations à donner au patronat et confiance qu'elle établit; discipline des actes professionnels, et habitudes d'ordre et de méthode...

Ne pas sentir toute la vérité pratique et agissante contenue dans ces principes, c'est se tromper gravement et accepter les plus lourdes responsabilités.



FIG. 129. — Atelier d'orfèvrerie et bijouterie, pour le réapprentissage des mutilés

CL. — **Modalités de cette organisation.** — Venons-en maintenant aux modalités de l'organisation scientifique. La rééducation ne pouvant être ni *obligatoire* pour tous, ni limitée à une région (1), on fera partout une active propagande, dans les familles, dans les écoles, dans les réunions publiques, pour décider les blessés hésitants à s'inscrire sans tarder dans les établissements organisés pour eux, et où seront accumulés les trésors d'expérience, de science et d'humaine solidarité qu'aucune nation ne pourrait leur marchander. Depuis le jour de leur entrée, jusqu'au jour où ils seront placés dans le commerce, l'industrie ou l'agriculture, rien ne manquera des égards, des sacrifices auxquels ils ont un droit absolu.

J'ai dit et répété (2) — jusqu'à être compris, je crois — que la rééducation professionnelle prolonge et achève la rééducation fonctionnelle. Elles constituent ensemble une indéniable *unité physiologique* (3). Mais il faut aussi qu'elles forment une *unité psychologique*, en ce sens que le blessé sera préparé, *dès l'hôpital*, à son futur métier. Dans ce but, on lui donnera à lire une sorte de *carte à conviction*, où se trouvera relaté le genre d'infirmité dont il est atteint, l'orientation professionnelle qu'elle détermine, et les résultats certains de la rééducation ou de la réadaptation. Des professeurs de travail manuel viendront à l'hôpital faire des leçons avec démonstrations cinématographiques. Surtout, que l'enseignement soit concret, réaliste, plus en faits qu'en paroles. Qu'aucune promesse ne soit aventurée, si, demain, elle risque le démenti. Que le blessé se sente soutenu par le savoir et l'expérience unis à la probité, et par le concours matériel d'un pays généreux. Il

(1) La loi admet aujourd'hui, à la suite d'une heureuse intervention de M. Pierre Rameil et du rapport de M. Brunet, tous deux députés, que la rééducation professionnelle est *obligatoire* pour tout mutilé qui a droit à une pension militaire. Remarquons, avec M. Rameil, que cette rééducation est un « droit » pour le mutilé, droit qui met l'obligation plutôt à la charge de l'État (voir, sur cette intéressante discussion, l'*Officiel*, séance du 14 avril 1916).

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 26 avril 1915, t. CLX, p. 559.

(3) Ces effets physiologiques des exercices professionnels sont, maintenant, mis à profit dans les hôpitaux austro-allemands sous le nom de *Arbeits-therapie*.

importe de dissiper en son cœur l'amertume qu'y laisse toujours le concours charitable.

Je me résume : commencer la rééducation professionnelle le plus tôt possible, et l'amorcer à l'hôpital par l'action de maîtres compétents et d'un grand tact, par des lectures et des spectacles susceptibles d'édifier irrésistiblement, tel est le programme indispensable.

En pratique, la rééducation professionnelle n'atteindra pas tous les militaires blessés. Les uns, qui ont quelque fortune, retourneront à leurs foyers et trouveront de quoi s'occuper ; bien appareillés, ils pourront se *réadapter au travail* par leurs propres moyens ; instruits, ils se rattacheront par les liens de l'intelligence et de la volonté, à la vie professionnelle générale.

D'autres — une très faible minorité, je l'espère, — se déroberont dans l'indifférence et l'oisiveté par où ils seront menés fatalement à la misère. Ces tristes habitudes ont eu le temps de prendre un développement inquiétant, hélas ! depuis près de deux ans que chôme l'organisation du travail des blessés, et s'épuisent en de vains tâtonnements les œuvres privées de rééducation. On a abusé des *secours en argent*, donnés sans la condition formelle d'être la *prime du travail*, et par là s'est constitué un esprit de paresse et de mendicité dont il sera difficile de *guérir* les victimes, toujours intéressantes, de la guerre.

Le mal a pu empirer à tel point, et je l'ai scruté si profondément chez les blessés que j'étudie, entre autres rapports sous celui-là, qu'il m'a semblé *irréparable ;* et je m'en suis plaint récemment [1], dans l'espoir de dessiller des yeux que je croirais volontiers fermés sur les réalités de ce monde.

Mais faisons comme s'ils devaient s'ouvrir un jour, et décrivons ces réalités.

CLI. — **Les écoles de rééducation professionnelle.** — La grande majorité des blessés, renseignés et stimulés par

(1) *Revue scientifique*, p. 367 ; 1916.

l'exemple, viendront aux *écoles supérieures de rééducation*, ainsi dénommées pour indiquer qu'une méthode pédagogique et technique y sera employée, avec des garanties supérieures touchant leur organisation. Il en sera créé une par *région économique*, en se guidant sur la nature et l'importance de la production, et aussi sur les ressources en outillage des producteurs.

J'envisage onze régions, c'est-à-dire onze écoles réparties sur les villes de *Paris*, *Rennes*, *Lille*, *Nancy*, *Lyon*, *Limoges*, *Bordeaux*, *Toulouse*, *Marseille*, *Alger*, *Tunis*. Le groupement régional que j'indique n'a rien d'absolu, encore qu'il me semble rationnel. On pourrait substituer d'autres villes à celles qui sont mentionnées, et fondre en de nouvelles unités les éléments économiques semblables de nos départements.

Or, précisément, le *cadre régional* paraît ici s'opposer au *cadre départemental ;* tout au moins, d'aucuns l'ont supposé. La vérité est tout autre. C'est faute de *centres* que de nombreux petits ateliers et écoles de réapprentissage, dispersés sur tout le territoire, sont nés de l'initiative privée. Ils ont suivi le mouvement des sorties de blessés des dépôts, car tous ces hommes, une fois réformés et rendus à la vie civile, ont plus ou moins cherché à travailler et à se placer. Des personnes généreuses — qu'il ne faut point se lasser de louer, en proportion surtout de l'indifférence des personnages officiels — les ont encouragés par des secours en argent, des recommandations aux patrons, et l'institution improvisée d'ateliers spéciaux. Le Conservatoire des Arts et Métiers en a plusieurs d'affiliés au Laboratoire que je dirige, ne fût-ce que pour l'orientation professionnelle et l'aide de mon service de prothèse. Est-ce que ces petits organismes départementaux peuvent s'*accorder* avec l'existence des centres régionaux ? *Assurément*, pourvu que ceux-ci entreprennent la rééducation fonctionnelle, étudient et fournissent les appareils orthopédiques appropriés, et établissent les *fiches d'aptitude ;* après quoi, ils enverront les blessés et mutilés à leurs départements respectifs, tout près de leurs familles,

c'est-à-dire aux *ateliers locaux* dont le rôle devient, de ce fait, complémentaire et décisif.

CLII. — *a*) Organisation d'un centre de rééducation. — L'école supérieure de rééducation doit subsister à côté de ces ateliers élémentaires. Voici quelle en est l'organisation. telle qu'elle eût dû être à l'origine, et comme l'ont faite, sur mes indications, les pays et villes dont j'ai parlé précédemment, Bordeaux, par exemple.

Chacune possède un *office technique*, pour la constitution des *fiches d'aptitude*, les besoins médicaux et orthopédiques, l'examen physiologique général que la fiche elle-même expose. Et on installe, dans le même bâtiment, des *ateliers* appropriés aux professions ordinaires de la région. Celles-ci seront nécessairement *variées*, afin de retenir à l'école le plus grand nombre de blessés. On enseignera notamment les suivantes:

Orthopédie; mécanique (ajustage, outillage); dessin industriel; photographie (retouche, agrandissement et même tirage); cordonnerie; bourrellerie; sellerie, montage d'électricité; ferblanterie et petite mécanique; dactylographie; conduite des machines agricoles et petits moteurs; travail du jouet en bois, des mains et pieds pour membres artificiels; menuiserie.

Dans quelques centres (Jura, Vienne et Haute-Vienne), on développera la pratique de l'art lapidaire et de la céramique, qui pourraient nous donner une grande avance sur l'étranger. Si le nombre d'amputés de membre inférieur est élevé, et qu'un changement de métier s'impose, on formera des tailleurs instruits et des tisseurs. Mais, en général, il faut éviter de garder à l'école ceux de ces amputés qui peuvent reprendre leurs anciens métiers.

La *direction* de l'école est confiée à un médecin compétent, assisté d'un ingénieur expérimenté, et tous deux hommes de tact, de réflexion et de jugement; leur travail psychologique est, en effet, de tous les instants.

Au médecin incombent la rééducation fonctionnelle, la prothèse et l'orthopédie, les observations relatives aux aptitudes psycho-physiologiques des blessés. Il est impossible de scinder ces différents services, auxquels sont affectés des aides et des instructeurs. Les mutilés travaillent à réparer ou à transformer les appareils prothétiques, et à installer les ateliers. Mais tout cela est *groupé*, sous peine de sérieux mécomptes.

De son côté, l'ingénieur s'occupe, aidé lui-même de quelques bons professeurs de travail manuel ou de contremaîtres, à vérifier l'instruction générale et technique des hommes, et à les répartir en catégories professionnelles. Il surveille les mouvements des mutilés, le bon état des membres artificiels dont il explique le meilleur mode d'application. J'ai toujours remarqué que l'amputé achève bien vite son éducation sensitive, et montre, dans la manœuvre de ses outils, une adresse qui émerveille les instructeurs. Il est pour eux l'occasion de leçons vivantes et nombreuses, car l'expérience, en cette matière, est le seul guide.

On ne se limite pas au travail des ateliers ; on donne également des *cours théoriques*, des compléments de sciences et de lettres pour élever le niveau moyen des intelligences, et permettre au cerveau de coopérer avec les bras, quand ils sont défaillants.

CLIII. — *b*) Orientation professionnelle. — A notre époque où l'homme a cessé d'être un mécanisme actif des merveilleuses *machines-outils* de l'industrie pour en devenir le simple signal de marche et d'arrêt, où l'automatisme a réduit au minimum l'activité nuancée et volontaire de nos muscles, nous devons dresser la plupart des mutilés aux métiers économiques, qui ne fatiguent pas et qui sont souvent rémunérateurs. J'imagine que si de petits moteurs de 2 à 5 HP étaient entre les mains de nos cultivateurs, ils vivraient plus heureux, et ils rendraient plus productive, plus riche, une terre si malheureusement oubliée.

Une étude des instruments agricoles, en vue de leur adaptation aux mutilés, s'imposait, qui n'a pas retenu, suffisamment, l'attention de l'État. Pris à l'entrée de l'école, le cultivateur me déclare invariablement, s'il est amputé d'un bras, qu'aucune opération fermière ne lui est plus possible, sauf celle de donner à manger aux bestiaux. Mais rééduqué, après application du bras de travail, de l'anneau universel et de la pince, il s'adapte, tout d'abord, au maniement de la *pelle dynamographique*; puis il emploie, tour à tour, la bêche et la pelle ordinaires, appuyant et pesant sur le sol comme il le faut ; il frappe et tire avec la pioche, appuie et traîne avec la binette et le râteau. En peu de jours, rentré « au pays », notre cultivateur m'écrit qu'il se livre à tous les travaux agricoles sans l'aide de quiconque.

Dans certaines de nos régions du Centre, dans la Lozère, la Corrèze, le Cantal, ou encore dans les Vosges, le paysan pourrait consacrer la morte-saison, celle de l'hiver, à travailler au *jouet en bois* où son originalité, ses habitudes de faire de tout, et de tout devoir à ses mains, se révéleraient utilement. Cette industrie du jouet s'était localisée en Allemagne, à Nüremberg et à Fürth. Déjà les Italiens du Nord et les Suisses ont réagi contre ce monopole. Nous aussi, qui avons le bois — généralement du hêtre — la main-d'œuvre la plus habile, nous devons suivre cet exemple qui coûtera si peu comme frais d'outillage : un couteau, une scie, parfois un petit tour, et un marteau.

Dans les travaux de terrassements, il y a, de même, place pour les manchots. J'ai fait paver quelques mètres d'une chaussée, par un de ces derniers, en employant le *pilon pneumatique*, vulgairement *demoiselle*. Il semble que cette manœuvre convienne beaucoup plus aux amputés de bras que de jambe, au contraire de ce qui a lieu pour le transport des terres ; les brouettes à deux roues, aisées à conduire, sont tout indiquées dans ce genre de travail.

Dans tous les métiers, précédemment spécifiés, la connaissance des mouvements et efforts à demander à l'ouvrier

suppose la connaissance de l'usage des outils. Il y a là un point très important. Sans doute, le directeur des ateliers ne saurait être omniscient ; mais son instruction générale et



FIG. 130. — Amputé mécanicien forgeant une pièce.

son expérience doivent l'empêcher *de se laisser tromper*, et d'abandonner à ses aides le choix de la profession du mutilé. Mieux vaudrait, dans ce cas, l'obliger à tout abandonner. Il faut qu'il sache que l'amputé d'un bras est à même de se

livrer aux occupations du ***mécanicien :*** limer, couper avec la scie, le tiers-point, le burin, la cisaille; affûter, percer au pointeau et à l'archet, aléser, tarauder et fileter. Le bras sain fera toutes les manœuvres au marteau (*fig.* 130). C'est seulement au *tour* qu'il se présente de réelles difficultés.



Fig. 131. — Amputé travaillant à la varlope.

Encore cela dépend-il du modèle de tour; il en est qui se commandent sans trop de peine (tour-revolver).

De même dans le *travail du bois*, pour scier et raboter, assembler et coller des planches, les dresser, creuser ou percer (*fig.* 131 et 132).

Aujourd'hui, l'intelligence de l'ouvrier est un facteur capital, qui s'accroît de toute la force de l'expérience technique.

Et c'est ce qui permet de destiner un nombre assez élevé de mutilés au travail des machines-outils, dont le rôle se développera, plus qu'il ne l'est déjà, sur le terrain des usines. La vivacité d'esprit, une des caractéristiques de notre peuple, servira grandement cette adaptation professionnelle.

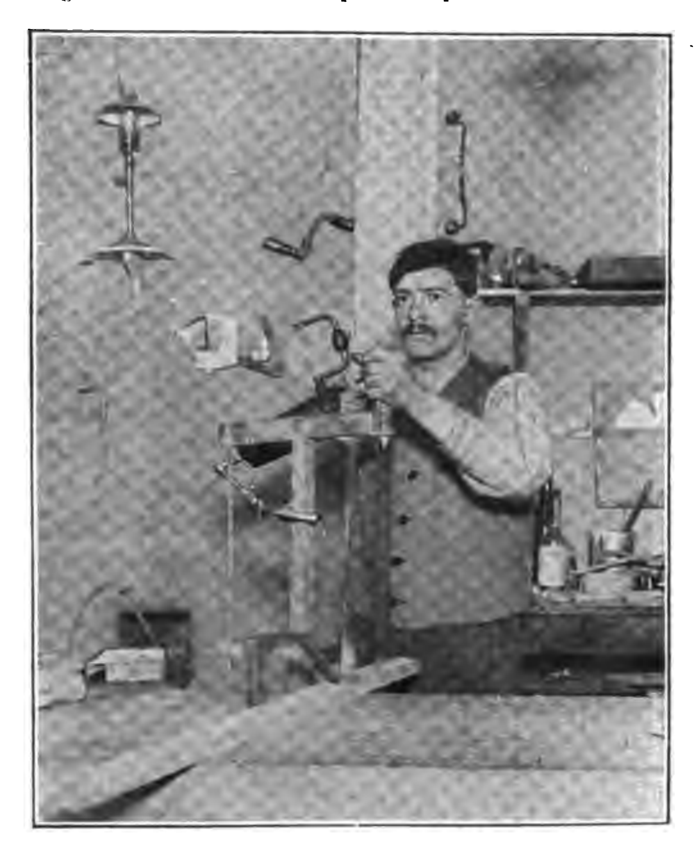


FIG. 132. — Amputé de bras coupant une planche à la scie à refendre.

Si, d'autre part, on apporte, dans ces questions, la volonté de réalisation qui s'impose, on s'aperçoit que seul un fâcheux préjugé éloignait du travail la plupart des mutilés, et plus les militaires que les civils. C'est vraiment faire injure à la gloire que de l'écarter des ateliers vibrants de l'industrie ou des plaines animées par le soc des charrues.

L'objet de l'orientation professionnelle est de réagir contre les préjugés sociaux, en mettant le blessé à la place qui lui convient pour réaliser tout son rendement économique.

CLIV. — *c*) Durée de la rééducation. — Ouvriers en chambre. — Mais il arrivera que l'office technique sera consulté par les blessés pour des fins multiples : les uns voudront poursuivre un entraînement physiologique plein de promesses ; d'autres rechercheront une amélioration de leurs appareils de prothèse, ou une application plus soignée, ou simplement — j'en eus quelques milliers — un examen circonstancié de leurs capacités pour avoir la fiche d'aptitude ; ils la communiqueront à des patrons disposés à les employer, ou ils l'utiliseront directement en s'établissant à leur compte. Pour ma part, je souhaite voir encourager cet effort de renaissance à la vie d'*ouvriers complets*, « d'ouvriers en chambre ». Il n'y aurait point là de contradiction avec la tendance à la centralisation industrielle ; car les grandes usines s'habitueraient, sans perte pour elles, à laisser les menus travaux, les commandes infimes à cette catégorie de travailleurs, si capables d'ingéniosité et de puissance inventive. L'État y trouverait son avantage, attendu que ceux-ci ne manqueraient pas de faire de bons apprentis.

Quant aux *ateliers de rééducation*, leur but est des mieux définis; perfectionner la pratique des métiers et adapter les mutilés aux exercices professionnels choisis, suivant qu'ils ont à changer de métier, ou à se spécialiser dans une de ses parties plus propre à ménager leurs forces sans diminuer leur rendement.

La *durée* de cette rééducation est variable. Si, au point de vue du *travail manuel*, un an constitue la moyenne suffisante, il faut ajouter que l'instruction théorique exigera davantage : on la donnera complète, afin de former une *élite ouvrière* capable d'instruire à son tour.

Le régime de l'école sera, en principe, celui de l'*internat*, les hommes étant nourris et logés, leur salaire réglé d'après

un barème qui pourra varier suivant les régions, et en se rappelant que la perte de rendement est à peu près nulle dans la majorité des cas d'amputations de jambe ou de cuisse.

Dans certaines circonstances, exceptionnelles, il peut être utile d'adopter le régime du *demi-externat*, vis-à-vis des mutilés mariés, pour qu'ils puissent rentrer chez eux tous les soirs.

Ainsi les écoles de rééducation étendent, dans un but précis, les bienfaits de l'enseignement; elles développent le cerveau des travailleurs et achèvent leur formation technique. Elles font, en connaissance de cause, l'*orientation professionnelle* des blessés, et les préparent sûrement à être placés, à prendre rang dans la société.

CLV. — **Le placement des blessés.** — Tout, en effet, doit converger au but réel, qui est le *placement*. Les ouvriers mutilés, que l'on aide à *s'établir*, les jeunes gens qui pourraient embrasser les carrières libérales et dont on encouragerait l'effort par des subventions, ou par la gratuité des études, ce sont là des exemples de placement. Et l'on peut compter aussi sur les *initiatives individuelles*. Tel patron, telle usine vous demandent un ou plusieurs blessés. Personnellement, je reçus plusieurs demandes de ce genre, auxquelles je répondis en adressant des mutilés rééduqués et munis de leurs fiches. Celles-ci constituent un élément de grande valeur, parce que l'employeur y trouve des renseignements précis, clairs et sincères. Entre lui et son employé s'établit une confiance solide, ayant pour fondement la vérité.

Plusieurs *œuvres d'assistance* ont entrepris, au cours de cette guerre, de centraliser, chacune, les offres d'emplois faites aux mutilés, d'en provoquer par des annonces dans la presse, et par l'action personnelle et les relations de leurs dirigeants. Il est hors de doute que quelques-unes de ces œuvres ont, de ce chef, fourni une généreuse contribution de dévouement au pays.

Mais il faut préférer, à toutes ces initiatives, l'influence plus sérieuse des *chambres syndicales*. Je suis fortement d'avis que l'on demande aux chambres syndicales leur collaboration pour placer les mutilés et blessés. Les grandes fabriques sont à même d'en employer quelques milliers, étant donné qu'elles pratiquent la « division du travail » et disposent de machines faciles à commander. Le Ministère des Munitions, qui a, dans telles de ses usines jusqu'à 10.000 ouvriers, aurait dû, depuis longtemps, entrer dans cette voie, sans dommage pour le taux de la production. Il possède des moyens d'action supérieurs à ceux des autres ministères ([1]).

Certaines grosses industries, spécialement en métallurgie, ont commencé de faire des essais, par *leurs propres moyens*, cédant à l'esprit de solidarité qui anime les patrons intelligents pour leurs ouvriers mutilés. Je souhaite que leur exemple se propage rapidement.

Le commerce offre également des débouchés : inspection des maisons, représentation de journaux, marchands et crieurs de ces mêmes journaux. Les jeunes gens, qui, faute d'apprentissage, se livrent à cette profession de crieurs, seraient instruits dans d'autres métiers où leurs bras et leurs jambes sont nécessaires. — La comptabilité absorbera un certain nombre de blessés, surtout parmi les sujets atteints de paralysies radiales et les amputés de jambe. Les banques, sociétés de crédit, compagnies, en prendront comme dactylographes, employés aux écritures, aides-comptables, etc.

L'essentiel est de *préparer* le blessé à sa fonction pour qu'il l'exerce *effectivement ;* alors son placement est solide, et l'on évite les aléas du *placement charitable*.

A l'heure actuelle, le Ministère du Travail s'efforce de coor-

([1]) Au bout de vingt et un mois de guerre, je lis dans les journaux, que M. le Sous-Secrétaire d'État aux munitions a « invité les chefs d'industrie à prévoir l'emploi des mutilés dans tous les cas où il est possible de les utiliser : emplois de gardiens, surveillants, travaux de bureau, etc. » (Le *Journal*, du 27 avril 1916). Une « invitation » plus récente, « à déterminer les travaux auxquels l'intéressé (blessé ou mutilé) peut être employé sans inconvénients » (*ibid.*, du 22 juin 1916), constitue, évidemment, un sensible progrès. Depuis le Ministre a poussé à un large emploi de cette main-d'œuvre.

donner, grâce à un Office central (Arrêtés de mars 1916), les entreprises éparses de la rééducation et du placement, et de réparer, s'il se peut, les fautes commises.

CLVI. — **Institut d'organisation du travail.** — On voit si une étude préalable et complète de ce problème s'imposait, pour bien se pénétrer de la méthode de rééducation. Il fallait aussi examiner toutes les modalités de son application, et agir fermement et vite, d'accord avec les personnalités qualifiées, groupées sous une direction vigilante. Enfin, il était indispensable d'avoir un *organisme central*, comprenant tous les rouages de contrôle et de coordination. L'école à installer dans Paris pourrait, sous le nom d'*Institut d'organisation du travail*, être cet organisme-là, servir de centre de haut enseignement pour cette science méconnue du travail et de l'apprentissage, relier les services compétents de plusieurs ministères, et mettre un peu d'ordre dans un état de choses nécessairement confus.

Qu'on se représente, en effet, la diversité des services qui ont à s'occuper des blessés. Au Service de Santé revient celui de la prothèse, de la physiothérapie, des réformes et pensions. L'enseignement général et technique, l'apprentissage et toute la législation qui l'encadre, les retraites, le chômage, les accidents du travail appartiennent aux Ministères du Travail, Commerce, Instruction publique et Agriculture. Le Gouvernement est donc tout entier engagé dans cette œuvre sociale; il est bon que, pour l'entreprendre, un seul mécanisme entre en jeu.

Telle paraît être la décision mûrie du Parlement, puisqu'il accorde au Ministère du Travail la mission d'organiser la rééducation professionnelle en France. Ainsi, on évitera un gaspillage redoutable de temps et d'argent ; on fera reculer l'oisiveté, qui serait inexcusable dans ce pays où toutes les énergies sont nécessaires. J'estime que la méthode scientifique de rééducation donnera des employés et des ouvriers d'une parfaite discipline au travail, et d'un niveau

intellectuel et moral élevé. Dès que les écoles seront en pleine marche, et le placement assuré, il ne s'écoulera pas deux ans que tous nos blessés rééducables seront à même de gagner leur vie, sans rien devoir à personne. Ils y comptent, nos travailleurs, ouvriers et paysans ; ils attendent l'effort de l'État avec une impatience dont j'ai souvent regretté la rapide progression. Personne ne peut trahir les espérances qui ont illuminé leur cœur. Il faut se décider, car il s'agit d'un grand devoir de solidarité, comme jamais l'histoire humaine n'en a fourni d'exemple.

CLVII. — **Assistance par le travail. — Les blessés graves.** — L'organisation physiologique du travail a une portée immense, puisqu'elle s'étend à l'éducation physique et à l'apprentissage, à l'hygiène sociale et à la rééducation professionnelle.

Dans le cercle spécial des blessés, nous avons vu qu'elle permet le retour à la vie normale de la très grande majorité des impotents, des débiles, des infirmes, et d'environ 80 0/0 parmi les mutilés aujourd'hui au nombre de plus de *deux millions et demi* en Europe (1).

Mais les autres, les *blessés graves*, ceux qui ont eu à subir une double amputation, et les impotents totaux, et enfin les *aveugles?* Que peut la méthode scientifique de rééducation pour ces infortunés? Les uns ne disposent plus que d'une capacité fonctionnelle inutilisable, ou fort peu. Les autres — même quand leurs membres sont intacts — ont perdu la principale des fonctions de relations, la *vue ;* le monde extérieur est devenu pour eux plein d'embûches ; de lourdes ténèbres sont descendues sur l'horizon qu'ils contemplaient naguère et qui leur était familier.

C'est tout cela que j'avais réservé parce qu'il ne rentrait pas immédiatement dans mon programme, et parce que le *rendement social normal* seul me préoccupait. Je voudrais,

(1) Il y en aurait près de 80.000 en France, contre 2.781 après la guerre de 1870-71. Les pays belligérants comptent, en moyenne, *un blessé par trente habitants !*

cependant, hasarder un court aperçu sur le problème de



FIG. 133. — Aide-comptable amputé des deux avant-bras, attablé au café.

l'*assistance par le travail*, de laquelle relèvent les blessés

graves et les *aveugles*. Simple contribution, sans plus.

L'appareillage des amputés de plusieurs membres est une chose délicate, sur laquelle toute l'attention doit se concentrer. Prothèse parfaite et adaptée le mieux possible, et prothèse plus utilitaire qu'esthétique. Les membres inférieurs demandent moins de soins. Le patient, avec deux bons pilons, peut vaquer à des occupations sédentaires ; la marche est relativement facile, mais il faut être son *propre patron*, maître de son temps et de ses convenances.

L'amputé double, quand il est pauvre, ne peut que recourir à l'assistance ; elle est un droit pour lui. Des *ateliers spéciaux* permettraient d'utiliser cette catégorie de travailleurs, dont la production est souvent assez élevée.

La catégorie des doubles amputés de bras ou de mains est plus intéressante, si l'on peut dire, car elle bénéficie beaucoup de la rééducation scientifique, tant pour exercer la sensibilité des moignons, que pour les adapter à l'exécution des mouvements d'adresse. Jamais cet entraînement physiologique n'a paru plus fertile en bienfaits que dans le *cas des aveugles*.

Ce sont les appareils du type Cauet qui satisfont le mieux aux besoins des doubles amputés de membre supérieur qui, s'ils sont intelligents, reprennent leurs occupations d'autrefois avec un rendement appréciable (*fig.* 133). Mais pour les aveugles il faut davantage.

CLVIII. — **Éducation physiologique des aveugles.** — Pour mieux définir les principes que j'invoque ici, je prendrai l'exemple d'un aveugle amputé du bras gauche et de l'avant-bras droit.

G. S., âgé de 41 ans, marié et père de deux enfants, est marchand de primeurs. Dans son métier, les sens jouent un rôle essentiel. L'homme fut totalement déprimé à la suite de ses mutilations. Je le pris, à peine cicatrisé, à l'hôpital où il étouffait sa douleur morale, et m'occupai d'abord de la sensibilité de ses moignons.

Voici la technique :

Pendant une semaine, on éduque la sensibilité à la pression au moyen du *Bracelet à poids* (§ 112).

Cette éducation est complétée par l'exercice de la gouttière brachiale, et contrôlée par l'esthésiomètre à pointes et le dynamomètre à pression.

On recourt, enfin, à la *platine esthésiographique* (*fig.* 134). C'est une plaque de laiton P rectangulaire, avec un manche M



FIG. 134. — Usage de la *platine esthésiographique* pour aveugles.

que l'on chauffe pour porter le tout au voisinage de 30°. Au centre de la surface apparaît une pointe mousse en ivoire I, qu'une vis micrométrique V permet de faire saillir graduellement. On sait, par conséquent, de combien elle émerge à la surface. Elle presse, à sa base, sur un tambour de Marey, avec ressort intérieur, et la pression peut s'enregistrer comme d'ordinaire. Dans ces conditions, on donne au patient à explorer le dessus de la platine, la pointe étant au zéro. Il y promène son moignon en tous sens ; et peu à peu, on agit sur la vis. Quand le blessé parvient à déceler la pointe

d'ivoire, on est renseigné sur la hauteur de celle-ci, et sur la pression que le moignon a exercée pour la sentir.

De jour en jour, les résultats sont meilleurs. On appareille, ensuite, l'amputé avec des *bras mécaniques Cauet*, et l'on recommence l'éducation sensitive combinée, cette fois, avec l'adaptation des mouvements. G. S. parvient à se rendre utile dans son commerce, à ne plus se sentir isolé; il rentre en possession de la vie active qu'à un moment il crut avoir quittée pour toujours. — Nous vivons avec nos sens, un peu par nécessité et beaucoup par habitude. L'aveugle doit *perdre* l'habitude et se contenter de la nécessité.

CLIX. — **Le travail des aveugles.** — Cette perte est plus douloureuse aux uns qu'aux autres. L'aveugle-né ne s'en doute pas; l'aveugle par accident y attache, au contraire, une valeur qui dépend de la somme de jouissances dont elle le prive. L'homme simple souffre, à cet égard, moins que l'homme cultivé. Mais il faut parler constamment à leur *moral*, et user envers eux du tact le plus raffiné.

Le mieux, pour fortifier ce moral des aveugles, est de leur procurer du *travail*, de préférence de les réadapter à leurs anciens métiers.

Le travail manifeste l'action de l'homme sur le monde extérieur, et le soustrait aux soucis, aux tristesses, au découragement qui, de tout temps, furent le lot de l'aveugle :

O Sminthée-Apollon, je périrai sans doute,
Si tu ne sers de *guide* à cet aveugle errant !

Le dieu des bergers n'est certainement pas aussi utile qu'un caniche pour guider à travers champs les cultivateurs aveugles. Car il me paraît nécessaire de réadapter ces derniers au *travail de la terre* et aux besognes de la ferme. Ils en ont, en effet, l'expérience ; ils connaissent l'aspect et l'usage des instruments aratoires. Bien éduqués au point de vue de leur sensibilité tactile, et au besoin aidés par des

gamins, ils peuvent reprendre la vie laborieuse des paysans. Ils sont la majorité dans le métier rural.

Tel est le cas de L., entre autres, petit fermier frappé de cécité à la guerre et amputé des quatre doigts de la main droite, le pouce ayant conservé une certaine, mais insuffisante, mobilité. La main artificielle dont je l'ai doté lui permet de se servir de la pince ou de l'anneau universels, ou même de la main de parade. Ses mouvements sont contrôlés et rectifiés grâce à la *pelle dynamographique*, et ses efforts appréciés quant à la possibilité des exercices nécessaires. Il n'y a point de difficultés pratiques, en général, à ce que les cultivateurs aveugles reprennent leurs anciennes occupations, sauf, cependant, qu'il importe de leur en faciliter les moyens. S'ils n'ont pas de parents qui puissent les employer, c'est aux œuvres d'assistance à les placer dans un milieu qui leur soit connu.

En général, la réadaptation au travail doit être le but de l'assistance, car elle économise toute la mise en train et tout l'apprentissage. J'ai toujours recommandé, par exemple, de remettre à l'ajustage et à la grosse mécanique les ouvriers aveugles qui appartiennent à la catégorie des mécaniciens, ferblantiers, serruriers. L'établissement de Reuilly l'a parfaitement compris.

Ces hommes travaillent à la *tâche* et sont payés aux pièces, ni plus ni moins que les ouvriers normaux de l'usine. Voilà une profession où nos grands industriels peuvent encourager l'œuvre sacrée de l'assistance aux aveugles.

Les métiers où la réadaptation, et même le réapprentissage sont aisés, se classent comme suit, par ordre de rendement utile: agriculture, grosse mécanique, reliure, brosserie, rempaillage et cannage des chaises, vannerie, emballage (pour fermer les caisses de primeurs), tonnellerie, saboterie, raphia (petits paniers), massage, accordage de pianos, téléphone (pour les clients).

Il convient, dans tous les cas, d'exercer la sensibilité par le

contact des surfaces et contours des outils, et des pièces ouvragées ; par exemple, en utilisant un cube de laiton à coins arrondis suivant des rayons inégaux, et en faisant reconnaître et apprécier les différences. Le rempailleur promènera les doigts sur la paille en comptant les rangs et les inégalités de la surface préparée ; et ainsi des autres travaux.

J'ai fait confectionner des petits tapis en cordonnet de coton ou de soie, pour les tables à thé. Le même métier permet de faire des chandails, cache-nez, etc. Il est, de plus, très facile à apprendre et largement rémunérateur.

Ces brèves explications laissent entrevoir l'étude dont pourrait être l'objet l'assistance par le travail, qui s'adresse à tant d'infortunés et les arrache à un destin cruel ; qui prolonge l'effort scientifique d'organisation de l'activité humaine sur un terrain que nous ne foulerons jamais sans une émotion profonde et un pieux respect.

CLX. — **Conclusion générale.** — A travers les formes innombrables de notre activité, dans les exercices du corps et dans ceux de l'esprit, un même principe se fait jour : le principe *d'ordre et d'harmonie*. La nature entière lui obéit : le rayon de lumière se réfracte ou se réfléchit en suivant les voies les plus courtes ; la pierre qui tombe ou qu'on lance décrit une trajectoire minimum ; le mouvement instinctif est également le plus rapide... Et l'homme n'a jamais songé que ses actes volontaires gaspillent des forces, du temps, des richesses qui profiteraient à la société ! C'est qu'il fallait le gouvernement de soi et une science rigoureuse pour éviter d'inutiles gaspillages, et se retenir sur la pente de la routine. Il fallait une expérience démonstrative pour comprendre que l'économie, en ménageant la dépense de nos énergies, en accroît l'utilisation ; et que celle-ci doit être rationnelle, méthodique, dans tous les domaines qui nous sont ouverts.

Car on aurait tort de croire inépuisable le capital de nos

énergies physiques et psychiques. Il représente une somme, un total que nous ne connaissons pas exactement, mais qui ne serait pas loin d'atteindre 150.000 *chevaux-heures*, pour la durée normale de la vie, avec un *effet utile* de 10 0/0 environ.

Rendement mécanique bien faible en regard de celui des moteurs inanimés, s'il n'y avait pas à considérer l'*intelligence du travail* et sa variété infinie, s'il n'y avait pas la *pensée* que rien, jusqu'ici, n'a pu égaler.

L'athlète se trompe en dissipant follement sa puissance. L'ouvrier fait un faux calcul en refusant d'améliorer les conditions de son travail par une technique plus habile, un outillage perfectionné et un emploi judicieux de sa journée. Le patron s'égare en refusant la main-d'œuvre des mutilés et blessés, renfort considérable pour les travailleurs normaux, et source importante de profits. Et, en général, c'est méconnaître les lois véritables et profondes de l'*organisation sociale*, que de ne pas mettre chaque homme à la place qui lui convient pour qu'il y donne sa pleine mesure.

L'heure est venue d'une conception, scientifique et humaine à la fois, de cette organisation, source de bien-être et de concorde.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

(Les chiffres renvoient aux pages)

B

C

D

E

N

O

P

N. B. — Tous les appareils décrits dans cet ouvrage sont construits par la Maison Pirard et Cœurdevache, 7, rue Blainville, Paris.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE VII

CHAPITRE VIII

CHAPITRE IX

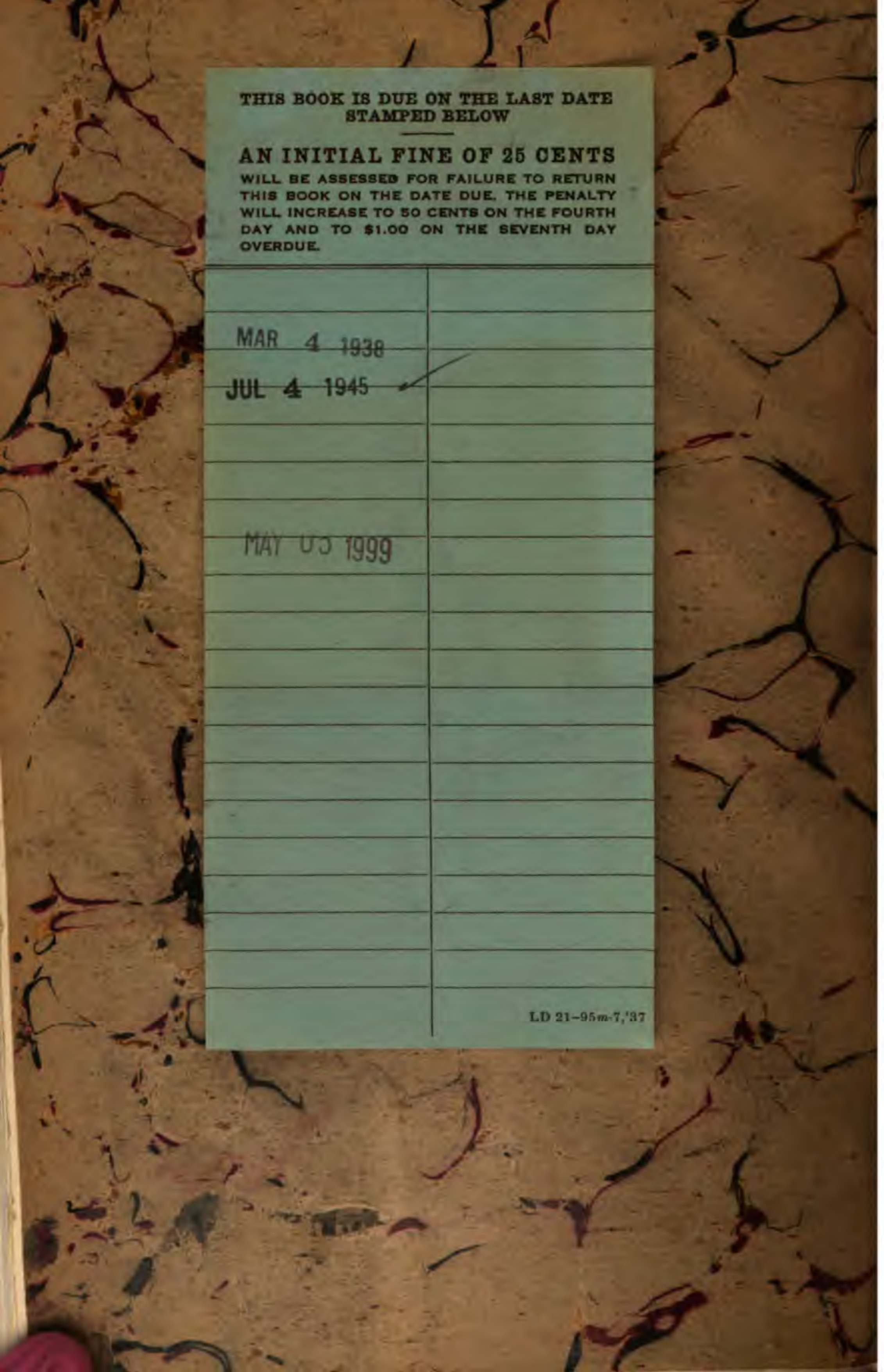
CHAPITRE X

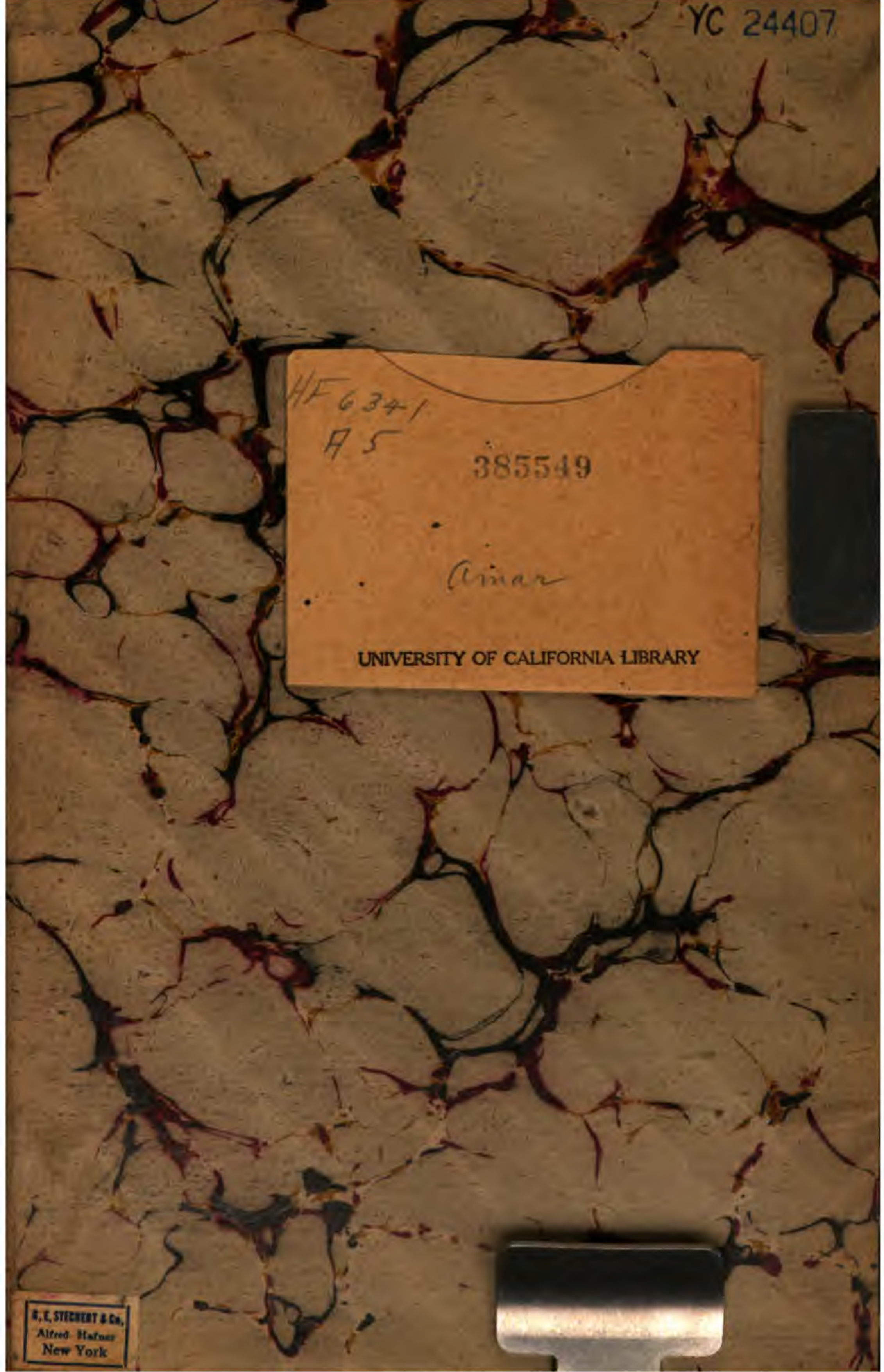
CHAPITRE XI

CHAPITRE XII

Tours. — Imprimerie Deslis Frères et Cie.

Tours. — Imprimerie DESLIS FRÈRES et Cie, 6, rue Gambetta.




YC 24407
HF6341
A5
385549
Amar
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
G. E. STECHERT & Co.
Alfred Hafner
New York

